

Anno IV.

TORINO, Novembre 1910.

Num. II.

RIVISTA DI ASTRONOMIA E SCIENZE AFFINI

Bollettino della Società Astronomica Italiana

EDITO DALLA STESSA

Sede Principale: **TORINO**, Via Maria Vittoria, num. 23

presso la Società Fotografica Subalpina

Sommario: La velocità delle stelle lungo la visuale (G. ABETTI). — Carnegie ed Hale (G. A.). — Paolo Dal Pozzo Toscanelli e la Cometa di Halley (E. MASINI). — Come si determina l'accelerazione della gravità (A. ALESSIO). — Notizie astronomiche; I pianeti e fenomeni principali del Dicembre 1910. — Biblioteca sociale.



TORINO

TIPOGRAFIA G. U. CASSONE

Via della Zecca, 11.

1910.

SOCIETÀ ASTRONOMICA ITALIANA

= TORINO =

Via Maria Vittoria, N. 23

presso la SOCIETÀ FOTOGRAFICA SUBALPINA

Fondata nel 1906

CONSIGLIO DIRETTIVO

Presidente: Dott. VINCENZO CERULLI - *Dal gennaio a tutto giugno:*
- Roma, via Palermo, 8. - *Dal luglio a tutto dicembre:* Teramo,
Osservatorio Collurania.

Vice-Presidente: Geom. ILARIO SORMANO - Torino, via S. Domenico, 39.

Segretario: Dott. VITTORIO FONTANA - Torino, Palazzo Madama.

Consiglieri: Dott. CESARE AIMONETTI - Torino, via Assietta, 71. —
Prof. GIOVANNI BOCCARDI, Direttore R. Osservatorio Astronomico - Torino, Palazzo Madama. — ARTURO CAUVIN - Torino,
corso San Martino, 8. — Cav. ANNIBALE COMINETTI - Torino,
piazza Vittorio Emanuele, 5.

Tesoriere: Dott. FELICE MASINO - Torino, via Maria Vittoria, 6.

Bibliotecario: Dott. BENEDETTO RAINALDI - Torino, Palazzo Madama.

Collaboratori:

Abetti prof. A., Arcetri. — Abetti dott. G., Monte Wilson (California). — Agamennone prof. G., Rocca di Papa (Roma). — Alasia de Quexada prof. C., Brindisi. — Alessio dott. A., Genova. — Andoyer prof. H., Parigi. — Bemporad prof. A., Catania. — Berberich prof. A., Berlino. — Boccardi prof. G., Torino. — Boddaert prof. P., Moncalieri. — Bottino-Barzizza dott. G., Milano. — Caldera prof. F., Palermo. — Cerulli dott. V., Teramo. — Del Giudice I., Firenze. — Fontana dott. V., Torino. — Gamba prof. P., Pavia. — Guerrieri dott. E., Capodimonte. — Hamy M., Parigi. — Holetschek dott. J., Vienna. — Jadanza prof. N., Torino. — Levi-Civita prof. T., Padova. — Millosevich prof. E., Roma. — Palazzo prof. L., Roma. — Pizzetti prof. I., Pisa. — Rizzo prof. G. B., Messina. — Sacco prof. F., Torino. — Schiaparelli G., senatore, Milano. — Sorinano geom. I., Torino. — Tonelli prof. F., Parma. — Venturi prof. A., Palermo. — Viaro prof. B., Arcetri. — Zanotti-Bianco prof. ing. O., Torino.

Avviso relativo alla Corrispondenza della Società.

1° L'invio delle quote sociali, degli abbonamenti alla Rivista, delle inserzioni, ecc. deve essere fatto al *Tesoriere* dottor FELICE MASINO, via Maria Vittoria, num. 6, Torino.

2° Per la redazione della Rivista e per l'ordinaria amministrazione della Società, indirizzare la corrispondenza al *Segretario* dott. VITTORIO FONTANA, Palazzo Madama, Torino.

RIVISTA DI ASTRONOMIA E SCIENZE AFFINI

Bollettino della Società Astronomica Italiana
(edito dalla stessa)

Abbonamento per Italia ed Estero L. 12 all'anno
Un fascicolo separato L. 1.

Direzione: **TORINO, Via Maria Vittoria, num. 22**
presso la Società Fotografica Subalpina

Deposito per l'Italia: Ditta G. B. PARAVIA E COMP. (Figli di I. Vigliardi-Paravia)
Torino-Roma-Milano-Firenze-Napoli.
per l'Estero: A. HERMANN, Libraire-éditeur, rue de la Sorbonne, 6, PARIS.

LA VELOCITÀ DELLE STELLE LUNGO LA VISUALE

Le osservazioni visuali delle stesse stelle, fatte ad epoche differenti, danno il modo di calcolare il moto proprio di queste, cioè a dire il valore angolare e la direzione del loro spostamento apparente sul cerchio massimo, che tali stelle sembrano descrivere sulla sfera celeste. Le osservazioni meridiane sono quelle che meglio si prestano allo scopo e si comprende subito quanto sieno divenute preziose per noi, quelle eseguite un secolo e mezzo e un secolo fa ai quadranti murali e ai cerchi meridiani da Bradley, Lalande, Piazzi, Groombridge, ecc.

Fino a qualche anno fa la conoscenza del moto degli astri lungo la visuale sembrava preclusa ai nostri mezzi di osservazione, ma oggi lo spettroscopio e lo spettrografo con una sola determinazione visuale, o con una sola misura, sulla lastra fotografica, dello spostamento delle righe di Fraunhofer, ci dà il modo di determinare tale velocità, che non è altro che la componente, nella direzione dell'osservatore, della vera velocità della stella nello spazio. Questo metodo è fondato su due principi: il noto principio di Doppler scoperto nel 1842 da C. Doppler (nato a Salzbουργ nel 1803 e morto a Venezia nel 1853), per cui le onde sonore e le onde luminose, che arrivano ad un osservatore, subiscono delle variazioni apparenti per un moto relativo della sorgente sonora o luminosa; e l'altro enunciato nel 1848 da H. Fizeau (nato a Parigi nel 1819

e morto colà nel 1896), che fonda la misura precisa della variazione apparente del periodo di un'onda luminosa sulla variazione di rifrangibilità. Il teorema di Doppler è generale e si applica tanto alle onde sonore quanto alle onde luminose, ma quanto è facile verificarlo per le prime, data la velocità relativamente piccola del suono, altrettanto è difficile verificarlo per le seconde: tanto è vero che Doppler nella sua classica memoria « *Sopra la luce colorata delle stelle doppie...* », esponendo il principio, arrivava, appunto per mancanza di prove sperimentali, ad erronee conclusioni.

Se un centro di vibrazioni luminose ed un osservatore sono in movimento relativo uno rispetto all'altro, di avvicinamento o di allontanamento, questi percepisce un periodo di vibrazioni apparentemente modificato: ma poichè il numero delle vibrazioni che la sorgente emette si deve ritenere costante, deve essere la lunghezza d'onda, che corrisponde al periodo apparente, quella che cambia, e che in causa del movimento relativo differisce dalla lunghezza d'onda reale. Quindi se λ è la lunghezza d'onda reale, $\lambda \pm \Delta \lambda$ la lunghezza d'onda apparente, V la velocità della luce e r la velocità relativa della sorgente luminosa rispetto all'osservatore, il numero delle vibrazioni che accadono nella unità di tempo sarà dato dalle due espressioni:

$$\frac{V}{\lambda} \quad \text{e} \quad \frac{V+r}{\lambda \pm \Delta \lambda} ;$$

ma poichè il loro numero resta costante dovrà essere:

$$\frac{V}{\lambda} = \frac{V+r}{\lambda \pm \Delta \lambda} \quad [1]$$

il segno $+$ corrisponde al caso in cui la sorgente si allontani dall'osservatore, il segno $-$ al caso opposto appunto perchè le lunghezze d'onda aumentano nel primo caso, diminuiscono nel secondo. Dalla [1] si avrà anche

$$\lambda \pm \Delta \lambda = \lambda \left(1 \pm \frac{r}{V} \right)$$

da cui anche:

$$\pm r = \pm \Delta \lambda \frac{V}{\lambda} \quad [2]$$

da cui si vede che la velocità incognita v della sorgente, è proporzionale alla variazione della lunghezza d'onda, cioè a dire allo spostamento che subisce una determinata riga nel suo spettro, rispetto alla posizione della stessa riga nello spettro della sorgente immobile. Il moto relativo sarà di allontanamento (segno positivo) se lo spostamento $\Delta\lambda$ è dalla parte della lunghezza d'onda crescenti (rosso), sarà di avvicinamento (segno negativo) nel caso opposto (spostamento verso il violetto). È appunto questa seconda parte del principio di Doppler che è dovuta a Fizeau (1), il quale prevedeva che lo spostamento delle righe nello spettro sarebbe stato un fenomeno osservabile, se l'astro che emetteva lo spettro fosse stato animato da una considerevole velocità, mentre Doppler insisteva, che pel moto dell'astro si avrebbe dovuto avere una variazione del suo colore. Ma anche posto che le velocità delle stelle fossero così enormi da rendersi palesi con una variazione di colore, si avrebbe sempre uno spostamento di tutto lo spettro, o verso il violetto, o verso il rosso nelle regioni invisibili; le radiazioni che entrano ad una estremità dello spettro rimpiazzano quelle che sortono all'altra estremità, e quindi in definitiva si produce uno spostamento di tutte le parti dello spettro senza che si abbia alcun visibile cambiamento di colore. Se dunque un astro si avvicina o si allontana da noi lungo la direzione che dall'osservatore va all'astro stesso, e se lo spettro che esso emette è solcato da righe di emissione o di assorbimento, per il principio di Doppler-Fizeau si osserverà uno spostamento di queste righe verso il violetto, se l'astro si avvicina a noi, e uno spostamento verso il rosso se l'astro si allontana.

In quel che segue esporrò brevemente quali siano i mezzi più in uso per determinare questi spostamenti, per poi passare colla [2] alla conoscenza della velocità delle stelle lungo la visuale o, come si dice, della loro velocità radiale.

Dopo le prime osservazioni visuali fatte dai pionieri dell'astrofisica come Huggins e Vogel sulle stelle più lucide o sulla luna collo spettroscopio, paragonando i loro spettri con quelli di sorgenti artificiali, si passò ben presto alla fotografia, fissando sulla lastra lo spettro delle stelle insieme ad uno spettro di confronto che può essere, sia lo spettro di emissione di sostanze note chimicamente pure, sia lo spettro di qualche astro di cui si conosca teoricamente il moto (sole, luna, pianeti) ed in

(1) Vedi: A. CORNU. « Sur la méthode Doppler-Fizeau, etc. » nell'*Annuaire du Bureau des Longitudes*, 1891 — D. 1 e segg.

eni si possono identificare righe comuni con quelle dello spettro che si vuol misurare.

Lo spettrografo che non è altro che uno spettroscopio, a cui si è sostituito al posto dell'oculare una camera fotografica, si adatta nel piano focale dei rifrattori o dei riflettori. Fra i maggiori che oggi esistono vi sono gli spettrografi di Potsdam che si attaccano al rifrattore fotografico di 80 cm. di apertura di quell'osservatorio astrofisico, lo spettrografo Mills (1) del rifrattore di 36 pollici dell'Osservatorio Lick e lo spettrografo Bruce (2) costruito pel 40 pollici dell'Osservatorio Yerkes. Fra gli spettrografi congiunti ai riflettori ricorderò quello della spedizione Mills a Santiago nel Cile per la misura delle velocità radiali delle stelle nell'emisfero anstrale. Lo spettrografo è a tre prismi ed è applicato ad un riflettore di 36 pollici di apertura con montatura Cassegrain; infine gli spettrografi a corto e a lungo fuoco, questo secondo con un prisma a liquido, per il riflettore di 60 pollici di Monte Wilson. Nelle loro parti essenziali gli strumenti si equivalgono, e piccole differenze esistono nelle lunghezze focali dei collimatori, della camera fotografica, nel mezzo dispersivo ecc. Fernierò l'attenzione sullo spettrografo Bruce di cui mi è possibile dare la fotografia, che rappresenta distintamente i dettagli della sua costruzione. Questo strumento disegnato ed eseguito quasi completamente nell'officina dell'Osservatorio Yerkes, coi fondi elargiti da Miss Catherine Bruce, quando è attaccato alla estremità oculare del 40 pollici e coperto da una scatola di alluminio, per proteggerlo dalle rapide variazioni di temperatura, si presenta come nella fig. 1. Levato il rivestimento di alluminio (A in fig. 2) vediamo come lo spettrografo (fig. 2) è composto e come si usa. Il fascio di raggi luminosi, che passa per l'obiettivo di 40 pollici di apertura, prima di uscire dal tubo (T) del cannocchiale passa per una lente di correzione di 57 millimetri di apertura, che serve a ridurre l'obiettivo da visuale a fotografico, serve cioè a riunire sulla lastra fotografica i raggi che sono per essa più sensibili (cioè la regione violetta dello spettro e in questo caso precisamente attorno a λ 4500) invece dei raggi gialli e rossi che più impressionano la nostra retina. Il fascio luminoso, attraversata la lente di correzione, forma un'immagine dell'astro sulla fessura (f) dello spettrografo, dalla

(1) « The Mills spectrograph of the Lick Observatory » by W. W. CAMPBELL, *Astrophys. Journ.* VIII, pag. 123.

(2) « The Bruce spectrograph of the Yerkes Observatory » by E. B. FROST, *Astrophys. Journ.* XV, pag. 1.



Fig. 1. — SPETTROGRAFO BRUCE
all'estremità oculare dei 40 pollici dell'Osservatorio Yerkes.



Fig. 2. — SPETTROGRAFO BRUCE ED ACCESSORI.

fessura la luce dell'astro passa attraverso il collimatore, così che un fascio di raggi paralleli cade sulla prima faccia (p_1) del treno di tre prismi che costituiscono il mezzo dispersivo dello spettrografo. La luce dispersa entra dal terzo prisma nella camera fotografica (c) dove a sua volta un obiettivo forma sulla lastra fotografica (l) un'immagine dello spettro della stella. Ottenuto questo, è necessario fotografare lo spettro di confronto; questo è dato da scintille che scoccano fra due elettrodi di ferro, di titanio, in un tubo di elio o di idrogeno. Il rocchetto di induzione (R), che si vede alla base dello strumento, serve appunto alla produzione della energia elettrica a ciò necessaria. Una lente ed un prisma (in s) vengono spinti al momento opportuno davanti alla fessura così che, invece della luce dell'astro, possa entrare in quella la luce dello spettro di confronto. Ruotando un piccolo rocchetto (r) si portano ad impressionare la lastra una dopo l'altra le varie scintille in modo da ottenere uno spettro di emissione colle righe caratteristiche, di lunghezza d'onda nota, delle sostanze usate. Durante la posa è necessario che l'astro resti sempre esattamente sulla fessura e a ciò serve un cannocchialino di guida, (g), che per mezzo del collo d'oca (o) raccoglie quella parte di luce della stella che viene riflessa dalle superfici speculari della fessura, oppure, spostando convenientemente uno specchio (in t), si può vedere quella parte di luce che ha già attraversato la fessura e che viene riflessa dalla faccia del primo prisma (p_1). Ambedue i modi sono buoni per guidare il telescopio, di solito però il primo è preferito: l'osservatore seduto su di una sedia, che col pavimento mobile si tiene alla giusta altezza, può sempre tener puntata la stella sulla fessura.

Il tempo di posa necessario per uno spettro stellare varia grandemente colle condizioni atmosferiche di tranquillità e di trasparenza dell'aria. Con una larghezza della fessura di 0.025 mm. occorre circa una posa di 20 minuti per una stella del tipo solare, come α *Arietis*, di 2^a grandezza. Con la fessura larga 0.05 mm. è necessaria una posa di due ore per lo spettro di una stella di grandezza 5.5, al di là della quale grandezza difficilmente si arriva. Nè parrà strano che ciò sia, anche con un obiettivo di 40 pollici di apertura, pensando che quasi il 90 per cento della luce che arriva all'obiettivo viene perduta attraverso il complesso sistema di lenti e di prismi.

Eseguita la fotografia si tratta di misurarla e di dedurne gli spostamenti delle righe dovuti al moto della stella. Generalmente lo spettro di questa è accompagnato sopra e sotto dallo spettro di confronto, come si

vede nelle figure 4 e 5, che sono molto ingrandite dalla fotografia originale. In questa ogni millimetro contiene circa 10 unità Angström, mentre nella riproduzione ogni millimetro ne comprende circa 1.2. All'Osservatorio Yerkes le misure degli spettri stellari sono comunemente fatte da λ 4300 a λ 4700, nel modo seguente, con una macchina di misura che non è altro che una specie di microscopio col cannocchiale di piccolo ingrandimento (circa 20 volte) e il porta-oggetti mobile per mezzo di una finissima vite micrometrica del passo di 0.5 mm.; questa alla sua estremità porta un grande tamburo che permette di leggere 0.001 mm. Tre delle migliori righe dello spettro di confronto, una nel mezzo, e le altre due alle estremità della regione che si vuole studiare, sono scelte come fondamentali per la lastra in questione e servono alla determinazione delle tre costanti, che entrano nella formola empirica data da Cornu (1) per gli spettri prismatici, cioè:

$$\lambda = \lambda_0 + \frac{r}{n - n_0},$$

le tre costanti sono n_0 , r , λ_0 . n_0 rappresenta il punto zero delle letture, r il valore della scala dello spettrogramma e dipende quindi dalle condizioni che influiscono sulla dispersione dei prismi al momento della posa, λ_0 , costante per un dato spettrografo, è dipendente dalle proprietà ottiche dei prismi. Determinate le costanti, la formola dà per qualsiasi altra misura n delle righe degli spettri di confronto e della stella le lunghezze d'onda λ . Quelle dello spettro di confronto sono paragonate colle lunghezze di onda date da Rowland per lo spettro solare e gli scarti che si ottengono rappresentano il difetto della semplice formola di Cornu da una esatta formola di dispersione, assieme agli errori di puntata sulle righe dello spettro di confronto. Gli scarti sono sempre piccoli e possono servire, se è necessario, a correggere la formola per le posizioni delle righe dello spettro stellare. Poi si formano le differenze fra le lunghezze di onda nella stella e quelle nel sole, quando le righe esistono in ambedue gli spettri: se questo non è il caso, si prendono le determinazioni delle lunghezze d'onda eseguite nel laboratorio. Tali differenze sono gli spostamenti $\Delta\lambda$ dovuti al moto della stella lungo la visuale; questi si convertono in velocità colla [2] e se ne prende il medio.

(1) J. H. KUTMANN: « A Simple Interpolation formula for the prismatic spectrum », *Astrophysical Journal*, Vol. VIII, pag. 218.



Fig. 3. — SPECTROCOMPARATOR.

Analoghi procedimenti, che si fondano però tutti su determinate ipotesi delle lunghezze d'onda delle righe osservate negli spettri di confronto e in quelle delle stelle, sono stati dettati per la misura delle velocità radiali. Un metodo geniale proposto da J. Hartmann (1) e pel quale egli fece costruire un apposito strumento, che ha già trovato pratica applicazione, si rende indipendente da quelle ipotesi e permette una rapida misura degli spettrogrammi. Collo spettrocomparatore di Hartmann (fig. 3) si determina la posizione di un gruppo di righe di uno spettro rispetto al gruppo corrispondente di righe di un altro spettro nel modo seguente. Lo spettro stellare e, per esempio, lo spettro del sole vengono fissati nell'apparecchio in modo tale, che un osservatore vede nel campo di un doppio microscopio, contemporaneamente ed accostate l'una all'altra, le corrispondenti regioni dei due spettri, come pure gli spettri di confronto, che accompagnano quelli della stella e del sole. Allora l'osservatore non deve fare altro che muovere colla vite micrometrica dello spettrocomparatore lo spettro del sole finchè un gruppo delle sue righe coincide col corrispondente gruppo di righe della stella, e poi portare in coincidenza le corrispondenti righe degli spettri di confronto. Le differenze delle due letture della vite micrometrica è il cercato spostamento delle righe, che moltiplicato per quel particolare valore di una rivoluzione della vite espresso in chilometri, corrisponde a quella regione dello spettro, dà subito la cercata velocità in chilometri. Nella fig. 3 si vede chiaramente come vengono fissate (in I, I') le due lastre fotografiche del sole e della stella sotto al doppio microscopio (m). Tutto il carrello T si può spostare colla vite Z lungo il cilindro d'acciaio (c) di 12 cm., e d'altra parte sullo stesso carrello si può spostare la lastra I' colla vite micrometrica V del passo di 0.5 mm.; il suo tamburo è diviso in 100 parti così che si possono leggere gli spostamenti delle righe fino a 0.0005 mm. Nel microscopio m per mezzo di un apposito sistema di prismi si vedono innestati l'uno dentro l'altro gli spettri della stella, del sole, e sopra e sotto a questi i due spettri di confronto. L'oculare m e l'astuccio dei prismi P si avvicinano o si allontanano dagli obiettivi (o_1, o_2) del doppio microscopio per mezzo della cremagliera mossa da W , così che si può diminuire od aumentare l'ingrandimento delle due immagini. Ciò è di fondamentale importanza, perchè i due spettrogrammi possono avere diversa dispersione, essere eseguiti magari con due diversi

(1) « Ein neues Verfahren zur Messung der Linienverschiebung in Spektrogrammen » von J. HARTMANN. *Publikationen des Astrophys. Observ. zu Potsdam*. XVIII, 1.

spettrografi senza che la misura possa venire in alcun modo impedita. Supponiamo per esempio che per la temperatura, o per altre cause, la scala della lastra l' sia maggiore di quella di l ; per rendere comparabili le due lastre basterà spostare mP per mezzo di W verso o_2 , allora il microscopio $m o_2$ verrà accorciato ed il suo ingrandimento diminuito, mentre $m o_1$ verrà allungato ed il suo ingrandimento aumentato, fino ad ottenere in tutta la estensione dei due spettrogrammi la coincidenza delle righe. Le viti v_2 e v_1 servono ad aggiustare nuovamente il fuoco delle due immagini che si sposta alquanto quando si muove mP . Questo mezzo di rendersi indipendenti dalla dispersione, e l'altro di muovere lo spettro solare di confronto, che si può chiamare « spettro fondamentale », colla vite V , sono appunto le condizioni perchè ad uno spostamento lineare di questo, per una determinata lunghezza d'onda, corrisponda sempre una determinata velocità.

Prima di procedere alla misura dello spostamento delle righe dello spettro stellare rispetto allo spettro fondamentale, è necessario procurarsi i fattori di velocità, misurando lo spettro solare colla vite micrometrica, cioè a dire, si devono calcolare quelle velocità a cui corrisponde una rivoluzione della vite nelle differenti regioni dello spettro. Come nel metodo precedente, scelte convenientemente tre righe nella regione dello spettro che si vuol studiare, si calcolano le tre costanti della formola di dispersione di Cornu, cioè λ_0 , n_0 , c_0 . Differenziando ora la detta formola si ha:

$$\Delta s = \frac{r}{(\lambda_0 - \lambda)^2} \Delta \lambda$$

dove si vede che, se si assume Δs uguale all'unità, $\Delta \lambda$ diventa il valore di una rivoluzione della vite del micrometro espresso in unità Angström. Poichè inoltre per il principio di Doppler-Fizeau si è visto essere

$$\Delta \lambda = \frac{\lambda}{V} r$$

r essendo la velocità radiale della stella e V la velocità della luce, sarà:

$$r = \frac{V}{c} \frac{(\lambda_0 - \lambda)^2}{\lambda} \Delta s = s \Delta s$$

equazione che dà la richiesta relazione fra lo spostamento lineare Δs della riga espresso in rivoluzioni della vite del micrometro, e la velocità

radiale in chilometri per secondo (1). Per ogni lastra o spettro fondamentale bisognerà quindi costruire una tabella che dia per le diverse regioni dello spettro, in funzione della lunghezza d'onda centrale della regione, il fattore S ; si trova poi in pratica che per i diversi spettri fondamentali il valore S è sensibilmente costante. Come si è già detto, determinati gli S e rettificato sullo spettrometro le lastre del sole e della stella, basterà eseguire la coincidenza delle righe di questi due spettri e poi delle corrispondenti righe degli spettri di confronto colla vite V ; la differenza fra le due letture, moltiplicata per quel valore di S corrispondente a quella data regione dello spettro, dà la velocità radiale cercata. Qui si potrebbe osservare che questo metodo presuppone una uguaglianza fra gli spettri del sole e quello della stella che è ben lungi dal verificarsi per stelle che non appartengono al tipo solare. Ma a stelle di altri tipi si passa dal tipo solare per gradi successivi, che permettono di paragonare lo spettro fondamentale del sole con altri spettri che da esso si scostano sempre più e che si possono anch'essi chiamare fondamentali. Questi alla lor volta vengono usati per misurare le velocità radiali di stelle incognite, e naturalmente si può anche, per controllo, dedurre la velocità radiale dei nuovi spettri fondamentali direttamente col primo metodo esposto, senza ricorrere allo spettrocomparatore. In generale si può dire che se, uno spettro è molto povero di righe, non si troverà alcun vantaggio nell'uso di questo strumento al confronto della misura diretta delle poche righe che lo spettro possiede.

Spettro fondamentale.

Sole, 3 Novembre 1908, 4^h 50^m (t. m. Greenwich) — Lastra N° 1824.

Regione	λ	S	Regione	λ	S
1	4027	688	6	4270	845
2	4062	710	7	4296	863
3	4138	759	8	4335	888
4	4168	780	9	4380	919
5	4197	798	10	4406	938

(1) Negli spettri prismatici Δs varia colla lunghezza d'onda, essendo, nella parte violetta, maggiore che nella parte verde dello spettro.

Come esempio di misure collo spettrocomparatore, ne riporto qui una fra quelle da me eseguite all'Osservatorio Yerkes, su lastre prese al 40 pollici collo spettrografo Bruce. Nella prima delle due tabelle sono dati i valori di S per lo spettro fondamentale usato, nella seconda le letture della vite micrometrica per lo spettro di confronto (titanio e ferro) e per gli spettri del sole e della stella eseguite per due posizioni della lastra e cioè, una prima volta colla parte violetta dello spettro alla destra dell'osservatore ed una seconda volta alla sinistra; seguono le differenze delle letture, i medi per gruppi di tre letture ed infine la velocità radiale.

Ma la velocità radiale così ottenuta non è che la differenza fra la velocità radiale del sole e della stella rispetto all'osservatore e bisognerà dapprima trovare la velocità del sole per quello spettro fondamentale che si è usato. Questa si compone evidentemente di due parti: la velocità del centro della terra verso il sole ($v_1 \odot$) e la componente della rotazione terrestre. La prima si determina trovando nelle effemeridi astronomiche quale sia la variazione diurna della distanza della terra dal sole per il tempo in cui fu preso lo spettro fondamentale e dividendo questa variazione pel numero di secondi contenuto in un giorno, la seconda si calcola colla formola:

$$v_1 \odot = \frac{2 \pi a \times \rho \cos \varphi}{86400} \sin t \cos \delta$$

dove a è il raggio equatoriale terrestre in misura lineare e ρ è il raggio locale, essendo 1 il sopradetto raggio equatoriale, φ la latitudine del luogo di osservazione, t l'angolo orario del sole al momento della posa e δ la declinazione di esso. Se a è espresso in chilometri, la formola dà, in chilometri, la componente del cammino percorso in un secondo da quel punto della terra dove si trova l'osservatore, nella direzione in cui si trova l'astro al momento della fotografia. Generalmente per ogni osservatorio si costruisce una tabella, che cogli argomenti angolo orario e declinazione, dà la cercata correzione r_1 . Per l'esempio sopra riportato la somma delle due correzioni per la lastra fondamentale usata è:

$$r_1 \odot + r_2 \odot = -0.45 + 0.10 = -0.35 \text{ km.}$$

Applicate queste correzioni allo spettro fondamentale restano ancora da calcolare correzioni analoghe per lo spettro della stella, si deve cioè eseguire quella che si chiama « riduzione al sole » per le velocità radiali misurate, sia col primo, che col secondo metodo.

La correzione analoga a $r_1\odot$, che chiamerò r_1* , si può calcolare anche qui togliendo dalle effemeridi le variazioni diurne delle coordinate equatoriali rettilinee del Sole (X, Y, Z), variazioni che cambiate di segno danno le componenti della velocità di traslazione della terra nella sua orbita. Proiettando queste componenti sulla visuale terra-stella la correzione voluta sarà:

$$r_1* = \frac{D}{86400} (\Delta X \cos \alpha \cos \delta + \Delta Y \sin \alpha \cos \delta + \Delta Z \sin \delta)$$

essendo D la distanza terra-sole espressa in chilometri ed α, δ l'ascensione retta e la declinazione dell'astro. Oppure si può calcolare r_1* direttamente per mezzo della velocità V_t della terra nella sua orbita e delle coordinate ellittiche λ, β dell'astro. Proiettando la velocità V_t lungo la visuale terra-stella si avrà:

$$r_1* = - V_t \sin (\lambda - L + i) \cos \beta$$

dove L è la longitudine media del Sole al momento dell'osservazione ed i il complemento dell'angolo formato dalla direzione del moto della terra ed il raggio vettore dell'orbita. La teoria del moto ellittico dà la formula per calcolare V_t (1) e d'altra parte si trovano già costruite tavole (2) che danno V ed i in funzione della longitudine del sole L . r_2* si calcola tal quale come $r_2\odot$, naturalmente l e δ indicano in questo caso l'angolo orario dell'astro al momento della posa e la sua declinazione. Per lo spettrogramma di 44 *Boötis* si trova per la riduzione al sole:

$$r_1* + r_2* = + 1.23 + 0.12 = + 1.35 \text{ km.}$$

quindi in definitiva si ha la velocità radiale:

$$r = - 19.53 \text{ km.}$$

Altri spettrogrammi della medesima stella ridotti al sole danno i seguenti valori:

(1) CHAUVENET, « Astronomy ». Vol. I, pag. 636.

(2) Per es.: P. SALET, « Spectroscopie astronomique », pag. 191. Paris 1909.

44 *Bootis*.

Lastra	Data	T. m. Gr.	v	$M - v$
		$\begin{smallmatrix} h & m \\ 18 & 7 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} km. \\ - 19.5 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} km. \\ - 2.6 \end{smallmatrix}$
726	2 Aprile 1906			
748	27 " 1906	$\begin{smallmatrix} 17 & 37 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} - 21.9 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} - 0.2 \end{smallmatrix}$
1554	23 Marzo 1908	$\begin{smallmatrix} 19 & 35 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} - 26.7 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} + 4.6 \end{smallmatrix}$
1569	12 Aprile 1908	$\begin{smallmatrix} 18 & 50 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} - 20.6 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} - 1.5 \end{smallmatrix}$
1602	25 " 1908	$\begin{smallmatrix} 17 & 53 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} - 21.9 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} - 0.2 \end{smallmatrix}$
1609	2 Maggio 1908	$\begin{smallmatrix} 17 & 23 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} - 21.8 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} - 0.3 \end{smallmatrix}$
		$\begin{smallmatrix} km. \\ M = - 22.1 \end{smallmatrix}$		

Dall'esame dei singoli valori che si riferiscono alla componente più lucida della doppia 44 *Bootis* si deduce essere molto probabile che la sua velocità radiale sia costante, poichè gli scarti del medio restano compresi entro i limiti degli errori possibili nelle fotografie e nelle misure. L'ultima misura micrometrica di S. W. Burnham (*General Catalogue*, n. 7120) per questa doppia è del 1905.3, e dà per angolo di posizione $243^{\circ}.4$, e per distanza delle due componenti $4''.16$ e le grandezze 5.2 e 6.1. Da tutte le altre osservazioni di questa stella raccolte nel suo Catalogo si rileva che la doppia ha un lunghissimo periodo ancora indeterminato, nonostante che le prime misure di Struve datino dal 1819. Quindi nel breve periodo di tempo che comprende le lastre misurate, la velocità radiale delle componenti, per ciò che riguarda il moto orbitale, deve essere rimasta sensibilmente costante. Invece per stelle doppie di rapido movimento orbitale si dovrà trovare una velocità radiale rapidamente variabile, a seconda della posizione di una o di ambedue le componenti nella loro orbita. Spesso, anche per stelle apparentemente semplici, si trovano sugli spettrogrammi, spostamenti periodici delle righe spettrali; si dovrà allora concludere che molto probabilmente anche in questo caso la stella è doppia, ma troppo stretta per essere separata visualmente, o con una delle componenti oscura. Se la legge di periodicità dello spostamento delle righe è ben definita sarà facile costruire la curva delle velocità radiali in funzione del tempo e questa a sua volta permette, analogamente a quanto si fa per una doppia visuale, quando si conoscano le variazioni dell'angolo di posizione e della distanza delle due componenti, di calcolare l'orbita relativa di una delle stelle rispetto

all'altra a meno di qualche elemento che resta indeterminato. Di queste stelle che si conoscono col nome di « spettroscopiche binarie » ne è stato scoperto in pochi anni un grande numero, non solo, ma non sono rari i casi in cui una delle componenti di una stella doppia visuale sia stata risolta in una doppia spettroscopica. Lo studio di tali sistemi, che si può dire appena incominciato, ha portato un notevole contributo alle nostre cognizioni di astronomia stellare.

Le figure 4 e 5, che posso riprodurre per cortesia degli Astronomi dell'Osservatorio Yerkes, rappresentano gli spettri di due spettroscopiche binarie: per la prima stella, μ *Orionis*, è stata osservata una velocità variabile da $+21$ a $+72$ km. (1). Nel primo dei due spettri della fig. 4 si può vedere uno spostamento delle righe corrispondente a $+38$ km., nel secondo a $+72$ km. (la riduzione al sole, già compresa in questi valori, importa soltanto pochi chilometri). Per la seconda stella, α *Draconis*, si è osservata una variabilità da $+24$ a -55 km. (1); nella figura 5 si vedono spostamenti corrispondenti a circa $+24$ e a -41 km.

*
* *

Al modo di determinare le velocità radiali finisce l'argomento che mi sono proposto di svolgere in modo sommario in questo articolo. Mi sia permesso aggiungere ancora che lo studio delle velocità radiali dà anche il modo di determinare la rotazione del sole, la parallasse solare ed il punto del cielo (apice) verso il quale si dirige tutto il nostro sistema solare, e con quale velocità questo spostamento si effettui.

E basti l'aver accennato soltanto ad alcuni dei problemi che lo spettrografo permette di risolvere, per comprendere quale importanza abbia la sua applicazione su vasta scala e quali risultati siano ancora da attendersi, quando, trovando il modo di far miglior uso della poca luce, che dalle stelle giunge fino a noi, si potranno da un lato adoperare spettrografi a grande dispersione, come si fa oggi per il sole, anche per le stelle più luminose, e dall'altro si arriverà a fotografare gli spettri delle stelle meno lucenti.

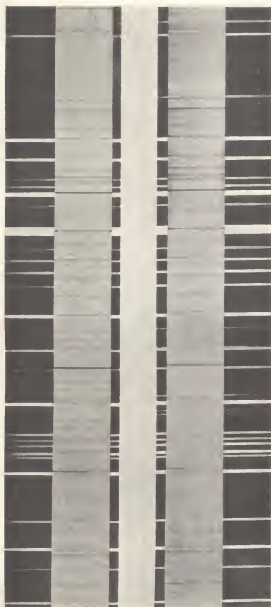
Roma, Ottobre 1910.

GIORGIO ABETTI.

(1) « Four Stars with variable radial velocities ». — *Astrophysical Journal*, XXIII, pagina 264 e segg.

λ 4501 λ 4535

5 Gennaio 1906 $v = + 38$ Km.



8 Gennaio 1906 $v = + 72$ Km.

Fig. 4. — SPETTRO DI μ ORIONIS E SPETTRO DI TITANIO.

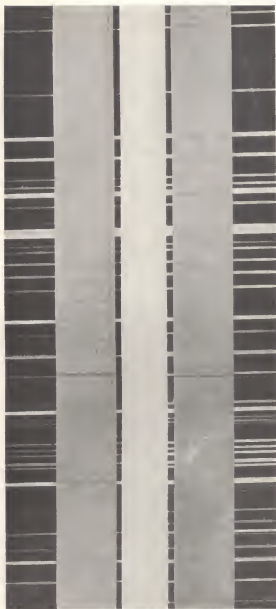
μ Orionis: $\alpha = 5^h 57^m$ $\delta = + 9^\circ 39'$ Grandezza: 4,3.

(Lo spettro di titanio è quello più largo, nero, con le righe bianche).

9 Febbraio 1906 $v = + 24$ Km.
(allontanamento)

λ 4481

λ 4549



5 Gennaio 1906 $v = - 41$ Km.
(avvicinamento)

Fig. 5. — SPETTRO DI α DRACONIS E SPETTRO DI TITANIO.

α Draconis: $\alpha = 14^h 2^m$ $\delta = + 64^\circ 51'$ Grandezza: 3.3.

(Lo spettro di titanio è quello più largo, nero, con le righe bianche).

CARNEGIE ED HALE

Riceviamo dagli amici di Pasadena e siamo lieti di presentare ai nostri consoci una fotografia di Andrea Carnegie e Giorgio Hale, fatta a Monte Wilson, di fronte alla cupola del grande riflettore di 60 pollici, in occasione della visita che il miliardario americano fece all'Osservatorio solare, nella scorsa primavera. Fu quella la prima volta che il munifico donatore saliva la catena della « Sierra Madre » per visitare l'Osservatorio creato coi suoi mezzi dalla sapienza e genialità di Hale, e sappiamo che grande fu la sua impressione nel vedere come quei mezzi erano stati adoperati a profitto della scienza di cui Carnegie in tante e sì svariate guise si mostrò sempre largo sostenitore. Quanta energia e quanto diversa nella espressione dei due uomini: l'ormai non più giovane scozzese che, partito ignoto dalla sua terra, seppe in nuove regioni far sorgere nuove industrie e nuove città, e il giovane astronomo americano che seppe fondare coi mezzi ricavati dall'industria, dai « business », due dei maggiori Osservatori del mondo.

Lo scorso dicembre, a Washington, si inaugurava il palazzo dell'Amministrazione della « Carnegie Institution », dove hanno sede tutti gli uffici per i diversi laboratori e stabilimenti scientifici che dipendono dalla istituzione. Questa fu fondata da Carnegie il 28 gennaio 1902 con sessanta milioni di lire, col frutto annuo del 5 per cento, allo scopo « di incoraggiare nel modo più vasto e liberale le ricerche e scoperte scientifiche, e l'applicazione della scienza al miglioramento dell'umanità ». Pare quasi che Carnegie avesse in mente le parole che il nostro Schiaparelli scriveva nel 1900: « la scienza, la quale ora non è che ai suoi principi, e sebbene già abbia portato molti benefici materiali all'umanità, non ha dato ancora la misura di tutto il bene che potrà fare, specialmente in ciò che concerne il progresso morale ». L'istituzione Carnegie comprende ormai un numero grandissimo di ricerche individuali e collettive, e pubblica in una serie speciale di Memorie i risultati delle ricerche fatte coi suoi mezzi, o lavori, che in altro modo non potrebbero essere stampati. Per l'Astronomia, tale è il caso, ad esempio, del classico catalogo generale di Stelle doppie, fino a 121° dal polo Nord, di S. W. Burnham, che contiene ben 14.000 coppie.

Accenniamo brevemente agli istituti scientifici che dipendono dalla istituzione e che sono sparsi qua e là per gli Stati Uniti o altrove, stabili, o temporanei.

A Tucson nello stato di Arizona vi è il Laboratorio del Deserto per ricerche di botanica, e della vegetazione nei deserti. A Cold Spring Harbor, Long Island, nello stato di New York, vi è un istituto per la evoluzione sperimentale delle piante e degli animali. Un dipartimento di economia e sociologia ha sede in New Haven nel Connecticut per lo studio della storia degli Stati Uniti nei rapporti sociali ed economici; ed un vasto laboratorio geofisico fu fondato a Washington e riccamente fornito di apparati per ricerche chimiche, fisiche ed ottiche in mineralogia e di apparati per lo studio dei materiali soggetti a tali alte temperature e a tali pressioni quali si possono pensare abbiano avuto luogo nella formazione delle rocce e minerali della crosta terrestre. Un laboratorio di biologia marina ha sede a Tortugas nella Florida, in una regione notevole per l'abbondanza di vita marina. Un « yacht » a vela, tre lance a benzina e barche a remi, formano parte essenziale della dotazione di questo istituto. Mezzi per ricerche storiche in tutte le parti del mondo vengono elargiti dalla « Carnegie Institution », ed un vasto Laboratorio di Nutrizione fu costruito a Boston nel Massachusetts, in prossimità della scuola medica di Harvard. Importantissimo è poi lo studio del magnetismo terrestre su tutta la terra, con un programma proposto ed in gran parte eseguito da L. A. Bauer. Le misure furono fatte dal 1905 al 1908 sul brigantino « Galilee » nell'Oceano Pacifico. Il buon successo di questa prima campagna portò alla costruzione di una nave *non-magnetica*, il « Carnegie » che fu varata nel giugno 1909. È una nave a vela con uno spostamento di 568 tonnellate, provvista altresì di un motore a gas, a combustione interna, col quale può rendersi indipendente dal vento. Le difficoltà di costruire una tal nave in modo che nessuna sua parte potesse influenzare gli strumenti magnetici non furono lievi, ma adesso la bella nave ha già compiuto parecchi viaggi allo scopo di completare la carta magnetica di tutto il globo.

Particolarmente interessanti per noi sono gli Osservatori astronomici ed astrofisici. Il primo fu fondato da Lewis Boss, direttore dell'Osservatorio Dudley (Albany, stato di New York) a San Luis nella Repubblica Argentina. Lo scopo della succursale australe è la misura della posizione delle stelle fisse visibili nell'emisfero Sud, per completare il catalogo fondamentale delle stelle, fino alla settima grandezza, di tutta intera la sfera celeste. Lo strumento principale del nuovo Osservatorio è il cerchio meridiano appartenente all'Osservatorio Dudley, che già ha servito ad osservare le stelle del catalogo di Albany della *Astronomische Gesellschaft*, zona 1° a 5° di declinazione boreale, e per altre numerose osservazioni.



CARNEGIE and HALE

Il secondo, l'Osservatorio astrofisico o solare di Monte Wilson, è forse quella delle istituzioni che ha ricevuto mezzi più vasti da Carnegie.

Gli strumenti ed i lavori di Monte Wilson sono ben noti; basterà ricordare che il grande riflettore di 60-pollici è adesso in piena attività e che ultimamente G. W. Ritchey ottenne delle splendide fotografie di nebulose a spirale, che si trovano riprodotte nel numero di luglio dell'*Astrophysical Journal*. La nuova torre solare, che sarà alta 46 metri, è già in avanzata costruzione e sarà forse completata per il prossimo settembre in occasione del Congresso dell'Unione Internazionale per le ricerche solari, che si terrà dal 29 agosto al 6 settembre a Pasadena in California, ai piedi di Monte Wilson. Scienziati da tutte le parti del mondo si recano colà per assistere alla importante riunione e per visitare l'ormai famoso Osservatorio: dall'Italia è partito ai primi di agosto il nostro egregio consocio prof. Annibale Riccò.

L'augurio della Società Astronomica Italiana è che il Congresso riesca a stringere sempre più i nodi di quella cooperazione internazionale che con minor dispendio di forze permette il rapido e glorioso progresso studi sulla fisica del Sole in particolare e di altri affini, e che il nostro illustre consocio prof. Hale possa per lungo tempo ancora far degnamente fruttare, in favore della scienza prediletta, quei mezzi che la generosità di Carnegie pone a sua disposizione.

G. A.

In corso di stampa giungono le notizie dell'interessante Congresso a cui presero parte 85 scienziati che fra Pasadena e Monte Wilson godettero della cortese ospitalità di Hale e dei suoi collaboratori.

Prossimamente la « grande » torre solare sarà compiuta, già l'eliostata è a posto e nel pozzo di 25 metri di profondità si sta montando lo spettrografo. Nel discorso di inaugurazione Hale comunicava ai congressisti, che dallo studio preciso del campo magnetico delle macchie solari è risultato che il polo magnetico positivo rappresentato da una macchia è spesso accompagnato dal polo negativo che si presenta in forma di una o più macchie vicine. Anche la rotazione del piano di polarizzazione nelle macchie è ben accennato nei singoli casi. Il valore della costante solare, secondo le ultime determinazioni di Abbot, il direttore dell'Osservatorio astrofisico di Washington, che ha stabilito una snecursale sul Monte Wilson, è di 1.92 calorie con delle oscillazioni giornaliere di 0.05 che sembrano realmente di origine solare: a questo proposito furono espressi voti che misure di tal genere vengano eseguite

in molte altre stazioni. Kapteyn, dallo studio delle velocità radiali delle stelle di Orione, deduce l'esistenza di due nuove correnti stellari molto estese sul tipo di quelle delle stelle del Toro e dell'Orsa. Deslandres trova come principale risultato dei suoi studi sulle velocità radiali del vapore di calcio sul Sole che le masse oscure salgono e quelle chiare discendono.

Vennero presi accordi sulle lunghezze di onda fondamentali, sullo studio della rotazione solare, e su altri lavori interessanti tutta l'Astrofisica. Il Congresso si chiuse scegliendo Bonn come luogo di riunione per l'anno 1913.

Paolo Dal Pozzo Toscanelli e la Cometa di Halley

Nei numerosi articoli che sono stati pubblicati in occasione del recente passaggio al perielio della Cometa di Halley, non ho veduto rammentato, fra coloro che studiarono questo corpo celeste, il nome di Paolo Dal Pozzo Toscanelli, fiorentino, vissuto dal 1397 al 1482, e se pure taluno l'ha ricordato, l'ha fatto così di passaggio e senza diffondersi in particolari.

Parmi quindi opportuno far menzione di Paolo Dal Pozzo Toscanelli che per primo studiò questa Cometa con intendimenti scientifici e non limitandosi alle generiche descrizioni che altri ne fecero nel 1456 e che trovansi riportate nella celebre « *Cometographie* » del Pingré,

Le osservazioni del Toscanelli sulle comete apparse nel 1433, 1449, 1456 (Cometa di Halley), 1457 e 1472, esistono in un suo manoscritto (Codice Magliabechiano nella Bib. Naz. di Firenze, classe XI, n. 121), e furono accuratamente studiate dal prof. Giovanni Celoria, sia nel volume della Raccolta Colombiana, dedicato alla vita del Toscanelli, sia in varie monografie (1).

Prima del prof. G. Celoria si era occupato delle osservazioni sulle comete, fatte dal Toscanelli, il compianto prof. Gio. Batt. Donati, propo-

(1) CELORIA G.: *Cometa del 1433*, in « *Astr. Nach.* » (Vol. 109, n. 2599). — Id.: *Cometa del 1449-50* in « *Astr. Nach.* » (Vol. 110, n. 2627). — Id.: *Sull'apparizione della Cometa di Halley avvenuta nel 1456* in « *Rendiconto del R. Istituto Lombardo* », serie II, Vol. XVIII, fasc. II. — Id.: *Sulla Cometa del 1472* in « *Rendiconto del Regio Istituto Lombardo* », serie II, Vol. XVIII, fasc. VIII. — DONATI G. B.: in « *Astr. Nach.* », Vol. 62 del 1866.

nendosi di farne oggetto di un lungo ed accurato studio, che non potè compiere, come aveva sperato, perchè la morte lo incolse ancor giovane nel 1873.

Sta in fatto che dal manoscritto surricordato del Toscanelli, nonché dalle monografie delle quali sopra è parola, si rileva, che egli fece osservazioni di meravigliosa accuratezza per il suo tempo sulle comete, e che queste osservazioni rivelano nel Toscanelli il genio astronomico e una conoscenza sicura ed interna del cielo.

Della Cometa apparsa nel 1456 e che dal 1682 prese il nome di Halley, il Toscanelli dette le posizioni espresse direttamente per mezzo delle longitudini e delle latitudini con osservazioni precise e metodiche per circa un mese, e cioè dai primi del giugno 1456 ai primi del luglio, registrandole regolarmente con novità di sostanza e di forma e con tale esattezza che i suoi contemporanei non eguagliarono nè intravidero.

Il Toscanelli che i fiorentini del suo tempo chiamavano maestro Paolo, insegnò la geometria a Filippo Brunelleschi, disegnò la carta geografica che servì al Colombo nel suo primo viaggio di scoperta, ideò il grande gnomone della cupola di S. Maria del Fiore, ebbe fama di peritissimo nella scienza medica ed insomma fu mente altissima, che come l'Alighieri, conobbe tutto lo scibile del suo tempo e, non acquietandosi agli insegnamenti degli antichi e della scuola aristotelica, seguì il sistema dello sperimentare da se stesso, per modo che non di rado abbandonò o riformò le loro teorie quando non trovavano la conferma nell'esperimento, precorrendo in certa guisa il Galilei e l'Accademia del Cimento.

Il nome del Toscanelli restò lungamente ignorato e non di rado confuso con quello di Paolo Dagomari o Paolo dell'Abaco (che come lui era chiamato dai fiorentini « maestro Paolo ») perchè essendo alieno dal richiamare l'attenzione altrui sul suo nome, mai si curò di farsi una rinomanza.

La sua grande modestia non toglie però che egli sia stato il primo che ci ha tramandato sulle comete da lui osservate dati espressi in forma scientifica per mezzo di disegno geometrico e di carte celesti e per mezzo di cifre.

Il Toscanelli è il primo che con mano sicura aprì l'adito alle osservazioni cometary con metodo sperimentale.

Con quanto egli lasciò manoscritto fu possibile poi determinare le orbite delle comete da lui osservate, mentre lo stesso Halley con le osservazioni del Regiomontano (Giovanni Müller) non potè determinare l'orbita della Cometa del 1472.

Il Toscanelli è da annoverarsi fra i primissimi precursori dell'astronomia moderna perchè lo stesso Regiomontano che insieme al suo maestro Giorgio Parbach sono comunemente considerati tali, si rivolse di sovente al Toscanelli come ad un luminaire della scienza ed in una lettera del 1464 diretta al Bianchini dal Regiomontano stesso si citano il Toscanelli e Leonbattista Alberti come *viri doctissimi et fide digni*.

La dottrina del Toscanelli ha la sua ragione d'essere nell'ambiente nel quale visse, perchè in Firenze l'astronomia era stata coltivata da lungo tempo, tanto che nel ix secolo (813) si sapeva che l'equinozio vero anticipava di tre giorni su quello del calendario giuliano, e aveva avuto per cultori uomini di ingegno come Guido Bonatti, Cecco d'Ascoli e Paolo Dagomari, al quale appartengono vari manoscritti esistenti nella Biblioteca Nazionale di Firenze, come le *Tabulae ad latitudinem planetarum*, le *Tabulae equationis dierum cum motibus ejus*, ecc.

Nell'occasione del passaggio recente della Cometa di Halley era dunque doveroso ricordare Paolo Dal Pozzo Toscanelli, che è gloria purissima di nostra gente, sempre prima a ricercare e trovare cose nuove, ma sempre tarda a trarne fama e vantaggio, come se questo antico e gentil sangue latino si sentisse sempre tanto ricco d'ingegno e d'energia da lasciare, che altri spigoli indisturbato nel largo campo delle sue fatiche e della sua gloria.

AVV. ENRICO MASINI.

COME SI DETERMINA L'ACCELERAZIONE DELLA GRAVITÀ

(Continuazione, vedi num. 9).

Se nel campo di variabilità della funzione s (T , D , E) consideriamo un intorno del punto $s_0 = s(T_0, D_0, E_0)$ abbastanza piccolo perchè per valori di T , D ed E in esso compresi risultino trascurabili, in un pre-stabilito grado di approssimazione, tutti i termini della serie ora scritta che contengono potenze superiori alla prima di ΔT , ΔD e ΔE , per quell'intorno possiamo scrivere

$$s = s_0 + \Delta T \left(\frac{\partial s}{\partial T} \right)_0 + \Delta D \left(\frac{\partial s}{\partial D} \right)_0 + \Delta E \left(\frac{\partial s}{\partial E} \right)_0 \quad [6].$$

L'osservazione diretta ci permette di determinare il valore s_0 nelle condizioni T_0 , D_0 , E_0 e poi della s nelle condizioni T , D , E : l'osservazione diretta ci permette ancora di determinare i valori ΔT e ΔD deducendo la temperatura del pendolo da termometri opportunamente sistemati e la densità dell'aria dalle letture fatte sul termometro, il barometro e lo psicometro: non si scorge invece per adesso come e da dove si possano trarre dei numeri che definiscano il grado di elasticità del supporto. Possiamo però osservare che è possibile non far variare la E — basta a tale scopo lasciare invariate le condizioni del supporto — pur facendo variare T e D , ed allora riducendosi la [6] alla forma

$$s = s_0 + \Delta T \left(\frac{\partial s}{\partial T} \right)_0 + \Delta D \left(\frac{\partial s}{\partial D} \right)_0 \quad [7]$$

nella quale s , s_0 , ΔT e ΔD sono determinabili coll'esperienza diretta, è possibile, stabilendo due (o più) equazioni come la [7], oppure anche con una sola equazione — quando o la densità dell'aria o la temperatura del pendolo si facciano rimanere costanti — determinare la

$x_0 = \left(\frac{\partial s}{\partial T} \right)_0$ e la $y_0 = \left(\frac{\partial s}{\partial D} \right)_0$ che prendono il nome di *coefficienti di temperatura e di densità* del pendolo invariabile considerato. Fino da adesso è bene osservare che l'esperienza ha dimostrato che i valori x_0 e y_0 possono ritenersi sensibilmente costanti per tutto il campo delle variazioni che in pratica possono aver luogo, talchè qualunque siano i valori delle T_0 , D_0 alla [7] si suol dar la forma

$$s = s_0 + x \Delta T + y \Delta D \quad [7']$$

e una volta determinati i valori x e y con questa istessa relazione e col dare a T e D i valori estremi praticamente possibili, della [7'] si fa uso per ridurre le durate d'oscillazione osservate nelle circostanze T e D , alle circostanze T_0 e D_0 .

Per applicare un procedimento analogo per la circostanza E si presenta, come si è detto, la difficoltà di dedurre dall'osservazione diretta i valori E_0 ed E della variabile: a vincere la difficoltà intervengono, per quanto in debole misura, gli studi teorici fatti sulla questione.

Dalle conclusioni ottenute dai professori Borrass e Furtwängler si deducano delle formule mediante le quali si vuol passare dalla durata di oscillazione che compete ad un dato sostegno, che, per fissar le idee, possiamo dire di elasticità E , alla durata di oscillazione che, a parità

d'altre circostanze, compete ad un altro sostegno di elasticità E_0 : supposto di riferirci, come in pratica avviene, a pendoli invariabili diversi, ma aventi sensibilmente lo stesso peso ed eguale coefficiente di smorzamento delle amplitudini, a quelle formule possiamo dare la forma sintetica

$$s = s_0 + \left(\left(\frac{\alpha'}{\alpha} \right)_{E_0} - \left(\frac{\alpha'}{\alpha} \right)_{E_0} \right) f(|s_1 - s_2|, \left[\frac{s_1 - s_2}{s_1 s_2} \right]) \quad [8],$$

nelle quali noi lasciamo incognita la costituzione della funzione f , accontentandoci di apprendere dallo studio teorico ch'essa è una funzione delle due variabili $s_1 - s_2$ ed $\frac{s_1 - s_2}{s_1 s_2}$ e di ammettere che le variazioni di f prodotte dalle variazioni delle due variabili non sieno *molto diverse* da quelle che si dedurrebbero dalle formule teoriche di Bortass o di Furtwängler. Nella formula ora scritta il valore $\frac{\alpha'}{\alpha}$ è quello che viene comunemente chiamato il *rapporto delle amplitudini ad un dato tempo t* e questo valore, negli apparati a *tipo bipendolare*, in quelli cioè che permettono di tener sospesi *due* pendoli oscillanti in uno stesso piano, può essere determinato coll'osservazione diretta (1): s_1 ed s_2 sono le durate d'oscillazione dei pendoli sui quali si osservano le amplitudini α ed α' .

Se andiamo a considerare la natura delle due variabili $s_1 - s_2$ $\frac{s_1 - s_2}{s_1 s_2}$ della funzione f e l'effetto che le variazioni di esse apportano sulla stessa f e sulla riduzione $s - s_0$ alla quale si dà il nome di *flessione relativa del supporto* —, constatiamo che: 1° dati i due pendoli P_1 e P_2 , che si adoperano per la determinazione del rapporto delle amplitudini, la variabile $s_1 - s_2$ rimane costante col variare della temperatura dei pendoli, della densità dell'aria e della elasticità del supporto, perchè negli ordinari apparati gravimetrici i coefficienti di temperatura,

(1) A tale scopo si comincia col porre uno dei due pendoli — *pendolo mosso* — sospeso sul taglio del suo collo ed in quiete, e ad un dato momento si dà all'altro pendolo — *pendolo motore* — un'amplitudine d'oscillazione eguale all'amplitudine iniziale che si usa per le osservazioni di durata d'oscillazione: il pendolo che era in quiete, per effetto del moto dell'altro pendolo e della elasticità del supporto, assume una certa oscillazione, e questa, misurata dopo un intervallo di tempo t (da stabilirsi con opportune considerazioni) contato dal momento in cui si è messo in moto il pendolo motore, è la α' della formula [8]; la α invece è la amplitudine, anch'essa osservata direttamente e pure al tempo t , del pendolo motore.

densità ed elasticità del supporto, sono sensibilmente eguali per ambedue i pendoli P_1 e P_2 ; e rimane costante anche col variare della gravità da una stazione ad un'altra finchè, come risulta dalla formola [5] e come in generale praticamente avviene, rimanga trascurabile il termine

$$s_{1,2} \frac{g_c - g_b}{g_b} (s_1 - s_2)$$

(dove $s_{1,2}$ rappresenta la durata d'oscillazione media approssimata dei due pendoli); 2° il variare dentro i limiti pratici del prodotto $s_1 s_2$ nella seconda variabile per effetto delle variazioni di temperatura, di densità, di elasticità e della gravità apporta sul valore della riduzione $s - s_0$ della formola [8] effetti largamente trascurabili nel consueto ordine delle approssimazioni, specialmente quando, come in pratica avviene, la riduzione $s - s_0$ non oltrepassi il valore di 30° o $40^{\circ} \times 10^{-7}$.

Possiamo concludere che, una volta scelti i due pendoli P_1 e P_2 da usare nella determinazione del rapporto $\frac{\alpha'}{\alpha}$, la funzione f è sensibilmente una costante che può variare tutt'al più col variare di E_0 .

Se diamo allora alla [8] la forma

$$s = s_0 + \Delta r \left(\frac{\partial s}{\partial r} \right)_0 \quad [8']$$

dove abbiamo posto $r = \frac{\alpha'}{\alpha}$, e questa formola confrontiamo con quella che si deduce dalla [6] supposto di aver già tenuto conto delle riduzioni di temperatura e di densità, ossia con la

$$s = s_0 + \Delta E \left(\frac{\partial s}{\partial E} \right)_0,$$

vediamo che alla desiderata riduzione a supporto unico si può dare la forma $\Delta r \left(\frac{\partial s}{\partial r} \right)_0$, per la quale ci troviamo in condizioni analoghe a quelle corrispondenti alle riduzioni $\Delta T \left(\frac{\partial s}{\partial T} \right)_0$ e $\Delta D \left(\frac{\partial s}{\partial D} \right)_0$, perchè il Δr , come il ΔT e il ΔD , è determinabile coll'osservazione diretta.

Il coefficiente di elasticità α , possiamo dire, il *coefficiente di flessione* $\alpha_0 = \left(\frac{\partial s}{\partial E} \right)_0$ può così essere determinato direttamente come direttamente possono essere e sono determinati i coefficienti di temperatura e

densità. Non si possiedono ancora elementi sperimentali sufficienti per decidere se il coefficiente n , sia costante per tutto il campo pratico di variabilità della r , ma in ogni caso, fatta tutt'al più una restrizione sull'estensione del campo di applicabilità della formola [7], questa può scriversi

$$s = s_0 + x \Delta T + y \Delta D + n \Delta r.$$

— Da uno studio teorico fatto dal Prof. Nagaoka (e fondato sopra una analoga ricerca di Gauss), si deduce un'altra formola notevole per la riduzione ad un supporto unico, alla quale si può dare la forma sintetica

$$s = s_0 + \Delta \mu \left(\frac{\partial s}{\partial \mu} \right)_0$$

dove $\Delta \mu = \mu - \mu_0$ e dove colla μ si vuol indicare lo spostamento orizzontale che subisce il sostegno del pendolo, applicando ad esso orizzontalmente, all'altezza del piano di sospensione, una forza determinata sensibilmente eguale al peso dei pendoli dell'apparato: un tale spostamento è direttamente misurabile, colla approssimazione necessaria, applicando il metodo proposto dallo stesso prof. Nagaoka: è facile comprendere come, anche lasciando del tutto incognita la forma della funzione $\frac{\partial s}{\partial \mu}$ — come già quella della funzione $\frac{\partial s}{\partial r}$ —, sia possibile determinare colla osservazione diretta e in prossimità di ogni particolare valore μ , un altro coefficiente di flessione w , dando allora alla riduzione, a supporto unico la forma $w \Delta \mu$.

Il metodo che possiamo dire delle amplitudini è applicabile soltanto agli apparati di tipo bipendolare e richiede, per l'osservazione dei rapporti delle amplitudini, un suolo tranquillo: quando ciò sia, gli elementi per la riduzione ad un supporto unico si determinano facilmente e senza apparecchi ausiliari. Il metodo che possiamo dire degli spostamenti orizzontali richiede speciali accessori d'osservazione dei quali bisogna servirsi con diligenza ed abilità, ma è anch'esse molto semplice, è applicabile a qualunque apparato gravimetrico anche con suolo poco tranquillo, ed è particolarmente raccomandabile nelle regioni sismiche.

— Al problema della riduzione ad un unico supporto si potrebbe voler dare anche un'altra soluzione che indiscutibilmente a primo sguardo si presenta come la più semplice e la più naturale: si potrebbe cioè voler fare in modo che la elasticità del supporto fosse la medesima per tutte

Cronometri da Marina e da Tasca
ULYSSE NARDIN

(PAUL D. NARDIN Successeur)

LE LOCLE & GINEVRA

282 Premi d'Osservatori Astronomici
Grand Prix : Paris 1889-1900 ; Milano 1906

Specialità di cronometri a contatti elettrici
per registrare i secondi.

Fornitore dei seguenti Istituti Scientifici Italiani :

R. Università di Palermo, Galinetto di Geodesia — R. Osservatorio Astronomico di Torino — R. Osservatorio Astronomico di Padova — R. Osservatorio Astronomico d'Arcetri, Firenze — R. Istituto Idrografico, Genova — R. Istituto Tecnico e Nautico " PAOLO SARPI ", Venezia — R. Istituto Geografico Militare, Firenze.



Ai Signori Collaboratori.

*Per risparmio di tempo e per assicurare la pronta pubblicazione degli articoli nella Rivista vengono inviate ai signori Collaboratori soltanto le prime bozze degli articoli stessi. Perciò si prega caldamente di voler fare subito su esse **tutte** le correzioni, aggiunte e modifiche necessarie, lasciando poi al Presidente ed al Redattore la cura della più stretta sorveglianza perchè queste vengano scrupolosamente eseguite.*

La Società suole offrire ai signori Collaboratori 50 estratti dei rispettivi articoli pubblicati nella Rivista. Chi ne desiderasse, per proprio conto, un numero maggiore è pregato di indicarlo nell'inviare il manoscritto o nel ritornare corrette le prime bozze.

W. WATSON & F^{ls} Fabricants de Lunettes en gros et au détail

Fournisseurs de l'Amirauté Britannique, du Bureau de la Guerre et de plusieurs gouvernements étrangers. — Maison fondée en 1837. — 42 Médailles d'Or, etc.

313, High, Holborn, LONDON (England)

LUNETTES ASTRONOMIQUES

(Munies d'Objectifs Watson-Courady, 3 types différents)

- Type I. — Triple objectif apochromatique ou photo-risael.
- Type II. — Double objectif apochromatique ou photo-risael.
- Type III. — Objectif haloscopique, qualité très supérieure.

Les Lunettes "CENTURY", munies d'Objectifs Watson Type III constituent des appareils d'optique d'une qualité sans égale !!

Ces instruments sont recommandés aux amateurs qui désirent obtenir le meilleur effet possible avec un objectif d'un diamètre déterminé.

PAN BESOIN D'OBSERVATOIRE !!

Les Lunettes astronomiques "CENTURY", sont montées sur un pied en acajou massif, avec berceau en cuivre mouvements universels; cette lunette possède un chercheur trois oculaires et est livrée en boîte.

Lunettes astronomiques d'occasion par des fabricants bien connus, toujours prêtes à la vente, à de prix modéré. — Lunettes portatives pour voyage. — Jumelles à Prisme avec les grands objectifs. — Toutes choses de la dernière et de la meilleure qualité.

Demandez le Catalogue n. 6 F contenant des renseignements sur tous ces appareils, et, en outre, sur des instruments plus grands et d'autres de construction plus simple.

PRIX DES APPAREILS COMPLETS

Ouverture de l'objectif	Prix
76 millimètres . . .	437,50 francs
80 millimètres . . .	625 francs
102 millimètres . . .	900 francs
127 millimètres . . .	1 286 francs
152 millimètres . . .	1 940 francs

Agents pour l'Italie: F. BARDELLI e C.^{ia} - Gall. Natta - TORINO

A. C. ZAMBELLI

TORINO - Corso Raffaello, 20  NAPOLI - Via Roma, 28

Costruttore di apparecchi in Vetro e in Metallo per Gabinetti Scientifici. — Specialità Voltametri Hofmann con nuovo sistema di attacco per i reofori e per gli elettrodi. — Specialità in Utensili di Vetro, resistentissimo, detto *Vitrobur*.

Rappresentante per l'Italia delle Case:

ERNST LEITZ di Wetzlar.

Costruttrice di apparecchi d'ottica, microscopi, microtomi, obbiettivi fotografici ed apparecchi perfezionati per proiezioni.

SCHMIDT und HAENSCH di Berlino.

Costruttori di spettroscopi, spettrofotometri, polarimetri, fotometri e apparecchi per l'insegnamento dell'Ottica.

Avviso ai Soci della Società Astronomica Italiana

La Direzione della *Rivista di Astronomia* ha disponibili ancora alcune copie delle annate arretrate 1907 e 1908, le quali saranno cedute ai Signori Soci della « Società Astronomica Italiana », al prezzo di favore di **L. 5** per ogni annata.

Per i non soci esse sono messe in vendita a **L. 10** ciascuna.



GUIDE DU CALCULATEUR

(Astronomie - Géodésie - Navigation)

par **J. BOCCARDI**, *Directeur de l'Observatoire Royal de Turin (Italie).*

2 volumes in-folio, se vendent séparément:

1^{ère} partie (X-78 pages). - *Règles pour les calculs en général* 4 fr.
2^{ème} " (VI-150 "). - " " " *spéciaux* 12 .

S'adresser à l'Auteur, ou à la Librairie

A. HERMANN

PARIS - Rue de la Sorbonne, 6 - PARIS

ESSAI SCHÉMATIQUE DE SÉLÉNOLOGIE

par le Doct. **FEDERICO SACCO**

Prof. de Géologie au Polytechnicum de Turin.

Cet ouvrage illustré avec d'excellentes photographies de la Lune est
vendu aux membres de la *Società Astronomica Italiana* aux prix de
2 fr. au lieu de 4.

Prof. P. PIZZETTI

TABELLE GRAFICHE

per la risoluzione approssimata di un'equazione di Gauss
[$M \sin^4 z = \sin(z + \omega)$] che si incontra nel calcolo delle
orbite.

Presso la Libreria **E. SPOERRI** — PISA

== Prezzo Lire 2 ==

le stazioni d'osserrazione: allora sarebbe il ΔE della formula [6] (come il Δr ed il Δp) eguale a zero e non vi sarebbe da fare alcuna ricerca particolare per il coefficiente di flessione e per le sue eventuali variazioni.

Una tale soluzione fu implicitamente adottata coll'uso dell'apparato di Sterneek con *mensola da muro*, pel quale si ammetteva che il sostegno fosse sempre perfettamente rigido ($E_0 = 0$, $\Delta E = 0$). Ma l'applicazione pura e semplice di tal principio e di tale ipotesi parve criticabile, tanto che a quegli apparati si riconobbe essere necessario sostituirne altri (che furono appunto quelli di tipo bipendolare): e questo perchè se pure con diligenti e ben curate sistemazioni della mensola da muro poteva ritenersi effettivamente raggiungibile la perfetta rigidità del sostegno, era anche lecito dubitare che *in qualche caso* potesse essere l'attacco della mensola non bene eseguito oppure debole il muro d'attacco, così da costituire un sostegno non del tutto rigido: e non v'era il modo od almeno l'uso di eseguire una vera e propria *misura dell'eventuale elasticità* del supporto, ma soltanto si faceva una *sommatoria verifica* della rigidità di esso che non dava luogo ad una esauriente prova documentata di codesta rigidità.

Altre obiezioni e dubbi furono sollevati contro la mensola da muro sui quali ancora non si può formulare giudizio definitivo: ma certo si è che l'uso dell'apparato di Sterneek fu proscritto dagli sperimentatori di Germania e del Giappone che pur eseguirono i più dettagliati e completi rilievi gravimetrici regionali che si posseggano: certo si è che in tutto il mondo ogni misura di gravità relativa è oggi accompagnata dallo studio complementare o da una esauriente verifica della elasticità del supporto, la qual cosa dimostra che *da tutti è ammesso che almeno in qualche caso possa ogni supporto essere non rigido: ed allora si impone la necessità di aver modo di ridurre la durata d'oscillazione osservata ad un unico supporto coll'uno o coll'altro dei metodi di cui abbiamo dato notizia*.

— Presso l'Osservatorio di Padova, per cura del prof. Lorenzoni, è in istudio (ed in costruzione) un particolare apparato gravimetrico a tipo bipendolare (da sistemarsi sul pavimento, nel mezzo di una stanza) nel quale l'illustre Professore ha fiducia di realizzare una più o meno assoluta rigidità del supporto senza rinunciare al tempo istesso alla misura diretta della eventuale *flessione* col metodo delle amplitudini o con altro. Ognuno può comprendere, dopo quanto abbiamo detto, come una tale soluzione prometta di riuscire *la perfetta*, in quanto che o il sostegno sarà assolutamente rigido e si avrà modo di verificarlo caso per caso

e non vi sarà da applicare alcuna riduzione a supporto unico ($\Delta E = 0$); o il sostegno non lo sarà, ma di certo sarà sempre molto piccolo il valore della flessione del supporto, e si avrà modo di dedurre direttamente dalle osservazioni il valore delle riduzioni a supporto unico.

6. — In generale ogni apparato per la misura della gravità relativa è dotato di un certo numero N di pendoli invariabili e la durata d'oscillazione di ciascuno di essi viene determinata (*confrontando* la oscillazione di essi con la battuta elettrica di un orologio, col metodo delle coincidenze) un certo numero n di volte, in ambedue le stazioni: facendo la media delle durate d'oscillazione degli N pendoli invariabili ottenute nelle due stazioni, si ottengono le due durate d'oscillazione del *pendolo medio dell'apparato* s_b ed s_c dalle quali si deduce la gravità relativa

$$g_c = g_b = \frac{2g_b}{s_b} (s_b - s_c) + \frac{3g_b}{s_b^2} (s_b - s_c)^2.$$

Ricordando che data una funzione F di più variabili indipendenti $x_1, x_2, x_3, \dots$, se vengono determinati od assegnati dei particolari valori di queste e sono $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3, \dots$ gli errori medi di questi valori, il quadrato dell'error medio della F è espresso da

$$\epsilon_F^2 = \epsilon_1^2 \left(\frac{\partial F}{\partial x_1} \right)_0^2 + \epsilon_2^2 \left(\frac{\partial F}{\partial x_2} \right)_0^2 + \epsilon_3^2 \left(\frac{\partial F}{\partial x_3} \right)_0^2 + \dots + \dots$$

dove l'indice 0 sta ad indicare che le derivate parziali indicate devono corrispondere agli assegnati o determinati valori delle variabili, tenendo presenti le considerazioni svolte nei paragrafi precedenti, possiamo facilmente stabilire una relazione fra l'error medio ϵ_K col quale risulta determinato il valore della gravità relativa $g_c = g_b$ e gli errori medi delle quantità, misurate od assegnate, dalle quali si fa dipendere il calcolo della gravità relativa. Se indichiamo con

ϵ_0 l'error medio d'osservazione di *una* durata d'oscillazione determinata in tempo dell'orologio col metodo delle coincidenze (nel quale errore comprendiamo anche l'errore medio, sempre trascurabile, della riduzione all'amplitudine infinitesima),

ϵ_k l'error medio dell'andamento dell'orologio *medio per tutto il gruppo* delle osservazioni eseguite in una delle due stazioni,

- ε_x l'error medio del coefficiente di temperatura medio degli N pendoli,
 ε_T l'error medio della temperatura dei pendoli media di tutto il gruppo delle osservazioni eseguite in una delle due stazioni,
 ε_y l'error medio del coefficiente di densità medio degli N pendoli,
 ε_D l'error medio della densità dell'aria media di tutto il gruppo delle osservazioni eseguite in una delle due stazioni,
 ε_u l'error medio del coefficiente di flessione medio degli N pendoli,
 ε_r l'error medio del rapporto delle amplitudini, medio di tutto il gruppo delle osservazioni eseguite in una delle due stazioni,

esprimendo la gravità relativa in $\frac{cm}{sec^2}$ e ponendo, per riferirci ai casi più comuni ($s = 0.5$) per $\frac{2g_b}{s^b}$ il valore arrotondato 4000, risulta

$$\varepsilon_g^2 = 4000^2 \left\{ \frac{\varepsilon_x^2}{2nN} + \frac{\varepsilon_k^2}{8,86400^2} + \varepsilon_x^2 \Delta T^2 + \varepsilon_y^2 \Delta D^2 + \varepsilon_u^2 \Delta r^2 + \frac{\varepsilon_T^2 s^2}{2} + \frac{\varepsilon_D^2 g^2}{2} + \frac{\varepsilon_r^2 u^2}{2} \right\} [9].$$

Nelle più precise determinazioni di gravità relativa fino ad oggi eseguite è risultato ε_g non superiore a $\pm 0,001 \frac{cm}{sec^2}$: perchè ciò avvenga bisogna che ciascuno degli otto errori parziali i di cui quadrati compaiono in parentesi nel secondo membro della [9], risulti sensibilmente inferiore a $\pm \frac{0,001}{\sqrt{8 \cdot 4000}}$: bisogna cioè che sia

$$\begin{aligned} \frac{1}{\sqrt{2nN}} \varepsilon_x &= \frac{\varepsilon_k}{\sqrt{8 \cdot 86400}} = \varepsilon_x \Delta T = \varepsilon_y \Delta D = \varepsilon_u \Delta r = \\ &= \frac{\varepsilon_T s}{\sqrt{2}} = \frac{\varepsilon_D g}{\sqrt{2}} = \frac{\varepsilon_r u}{\sqrt{2}} \leq \frac{0,001}{\sqrt{8 \cdot 4000}}; \end{aligned}$$

approssimativamente deve essere adunque ciascuno degli errori parziali ora scritti minore di 1×10^{-7} .

Si può esprimere tale condizione dicendo che per ottenere la esattezza indicata bisogna che gli effetti parziali delle singole cause d'errore sulla differenza delle durate d'oscillazione $s_u - s_c$ corrispondano ad

errori medi di questa differenza approssimativamente *minori di una unità della 7^a decimale* (del secondo di tempo).

Una tale approssimazione da un osservatore pratico dello speciale genere di osservazioni è facilmente ottenuta per quanto riguarda l'errore ε_0 d'osservazione adoperando quattro pendoli invariabili ($N = 4$) e con un numero (n) discreto di osservazioni di ciascun pendolo in ognuna delle due stazioni. Perchè l'effetto dell'error medio ε_k dell'andamento dell'orologio risulti minore di 1×10^{-7} , bisogna che sia $\varepsilon_k < \pm 0.025$, occorre cioè che l'andamento medio dell'orologio in ogni stazione sia ottenuto coll'approssimazione di 2 o 3 centesimi di seconda. Perchè l'effetto dell'errore ε_x del coefficiente di temperatura, che in generale è prossimo al valore $\varepsilon_x = \pm 0.25 \times 10^{-7}$, risulti minore di 1×10^{-7} , bisogna che sia $\Delta T < 4^\circ$, occorre cioè che la differenza delle temperature dei pendoli, medie delle due stazioni, sia approssimativamente minore di 4° . Perchè l'effetto dell'errore ε_y del coefficiente di densità, che in generale è prossimo al valore $\varepsilon_y = \pm 5 \times 10^{-7}$, risulti minore di 1×10^{-7} , bisogna che sia ΔD approssimativamente minore di 0.2. Per quanto riguarda l'effetto dell'error medio ε_n del coefficiente di flessione mancano dati sufficienti per indicare un valor medio di quell'errore: tuttavia riferendoci all'apparato bipendolare del R. Istituto Idrografico ed alle osservazioni eseguite a Genova con quell'apparato nell'estate del 1909 (per $t = 30^m$) possiamo accettare *come limite superiore* di quell'errore il valore $\varepsilon_n = \pm 25 \times 10^{-7}$ ed allora risulta che affinchè sia l'effetto di questo errore minore di 1×10^{-7} bisogna che sia Δr approssimativamente minore di 0.040, il qual valore nel caso specificato corrisponde ad una flessione del supporto (relativa fra le due stazioni) di circa 20×10^{-7} . Perchè l'effetto dell'errore della temperatura media dei pendoli letta sui termometri dell'apparato risulti minore di 1×10^{-7} , ponendo per x il valore medio approssimato (per i comuni pendoli di ottone o di bronzo, *non* cioè per quelli di metallo *invar*) $x = 45 \times 10^{-7}$, bisogna che sia ε_T approssimativamente minore di $\pm 0.03 \times 10^{-7}$, occorre cioè che la temperatura media dei quattro pendoli per il gruppo delle osservazioni eseguite in una stazione sia conosciuta coll'approssimazione di circa 3 centesimi di grado centesimale. Perchè l'effetto dell'errore della densità media dell'aria, dedotta in ogni stazione dalle letture sul termometro, lo psicrometro e il barometro, risulti minore di 1×10^{-7} , ponendo per y il valor medio approssimato $y = 600 \times 10^{-7}$, bisogna che sia ε_D approssimativamente minore di 0.002. Finalmente perchè sia l'effetto dell'errore del rapporto delle amplitudini osservato in ogni sta-

zione minore di $1' \times 10^{-7}$, posto per α il valore che corrisponde al caso particolare prima detto $\alpha = 500' \times 10^{-7}$, bisogna che sia ϵ_r approssimativamente minore di 0.003.

Queste conclusioni fondamentali messe in relazione colle circostanze pratiche delle osservazioni e col grado di approssimazione col quale le diverse quantità possono essere determinate, mostrano che la parte più delicata di codeste determinazioni è quella che concerne *a)* la determinazione dell'andamento dell'orologio, *b)* la determinazione della temperatura dei pendoli.

a) L'indicato grado di approssimazione ($\epsilon_k = \pm 0''.025$) dell'andamento medio dell'orologio pel gruppo delle osservazioni eseguite in una stazione può essere raggiunto soltanto impiegando per le determinazioni di tempo i più precisi istrumenti e metodi che oggi sono usati nell'Astronomia geodetica. Ma ciò è ben lungi dall'essere sufficiente per raggiungere lo scopo: poichè non basta che sia conosciuto coll'approssimazione specificata l'*andamento medio dell'orologio per l'intervallo compreso fra due determinazioni di tempo*: occorre invece che sia conosciuto con la approssimazione sufficiente l'*andamento dell'orologio istantaneo per l'istante medio dell'osservazione delle coincidenze* (la quale occupa generalmente un intervallo da 30 a 40 minuti): così se k è l'andamento diurno medio dedotto dalle determinazioni di tempo ed affetto da un errore ϵ pur tollerato dal grado di approssimazione desiderato, se al momento dell'osservazione delle coincidenze l'andamento diurno istantaneo dell'orologio presenta una variazione Δk rispetto all'andamento medio, l'errore effettivo dell'andamento introdotto nei calcoli risulta $\Delta k + \epsilon$, non già ϵ . In altri termini, oltre che eseguire le più precise determinazioni di tempo, occorre che l'orologio sia studiato e sistemato in tal modo che l'andamento suo al momento dell'osservazione delle coincidenze sia sensibilmente eguale all'andamento dedotto dalle due determinazioni di tempo. Ciò si può ottenere direttamente quando si possa (colle migliori sistemazioni da Osservatorio degli orologi) far sì che l'andamento dell'orologio sia uniforme fra le due determinazioni di tempo: e si può ottenere anche indirettamente, dando la miglior possibile sistemazione all'orologio (così da poter ritenere soltanto che le variazioni del suo andamento siano *lente e progressive*) e facendo poi ininterrottamente o per un conveniente numero di intervalli, distribuiti in modo opportuno, l'osservazione delle coincidenze dei diversi pendoli: in quest'ultimo caso lo scopo desiderato è pienamente raggiunto quando, detti

$$k_1, k_2, \dots, k_i$$

gli andamenti diurni istantanei degli orologi che corrispondono ad i osservazioni di durata d'oscillazione, si può ritenere che sia sensibilmente

$$\frac{k_1 + k_2 + \dots + k_i}{i} = k,$$

k essendo l'andamento dell'orologio dedotto da due determinazioni di tempo: questo avviene perchè essendo $\Sigma(k_i - k) = 0$ sarebbe nullo l'effetto delle variazioni dell'andamento dell'orologio sul risultante valore della durata d'oscillazione *media* dedotta da tutte le osservazioni eseguite fra le due determinazioni di tempo. Riassumendo quanto abbiamo detto, occorre in generale e specialmente nelle stazioni di campagna: 1° eseguire le più precise determinazioni di tempo: 2° dare agli orologi la migliore sistemazione (costanza di temperatura e umidità, lontananza da ogni causa meccanica e termica di perturbazione): 3° distribuire convenientemente le osservazioni di coincidenza fra le due determinazioni di tempo estreme.

b) La difficoltà di raggiungere l'indicato grado di approssimazione nella conoscenza della temperatura dei pendoli non sta tanto nell'approssimazione delle letture termometriche e nella bontà dei termometri, quanto nella circostanza che facilmente possono i termometri possedere ed indicare una temperatura diversa da quella dei pendoli, chè si sa come non sia il più delle volte lontano dal vero il paradosso che afferma essere il termometro « quell'istrumento che non indica mai la temperatura che si vuol conoscere ». Affinchè il termometro ed il pendolo osservato abbiano per quanto è possibile la stessa temperatura, occorre che essi sieno per così dire *immersi* in un ambiente di temperatura *costante nello spazio e nel tempo*.

Ed ecco perchè cotale osservazioni è bene sieno eseguite in *locali sotterranei* o che abbiano analoghe caratteristiche termiche, ecco perchè è necessario che durante le osservazioni siano allontanate, o ridotte ad avere un effetto minimo, tutte quelle cause che possono far variare la temperatura dell'ambiente. Le precauzioni a tale riguardo non sono mai troppe, nè mai eccessive sono le più meticolose cure dell'operatore: ben si comprende anche come i costruttori degli apparati gravimetrici si preoccupino di dotare questi di mezzi di protezione che efficacemente impediscano il giungere delle variazioni esterne della temperatura ai termometri e ai pendoli: ben si comprende quale serio fondamento abbiano le critiche e i dubbi sollevati contro quegli apparati o quelle sistema-

zioni pei quali si abbia motivo di pensare che i termometri possano assumere temperature diverse da quelle dei pendoli.

— Passando a considerare gli altri termini che costituiscono il complessivo errore ε_g della formola [9], si può affermare che per realizzare l'indicato grado di esattezza si incontrano generalmente difficoltà superabili con maggior facilità che non sia per i due termini testè considerati, i quali rappresentano gli effetti dell'errore dell'andamento dell'orologio e della temperatura dei pendoli.

Il termine che contiene l'errore ε_0 d'osservazione della coincidenza, per il carattere essenzialmente accidentale di questo errore, si riduce facilmente dentro i limiti desiderati col fare un numero conveniente n di osservazioni delle durate d'oscillazione: per un operatore abile e diligente che disponga degli ottimi apparati costruiti dallo Stüekrath di Friedenau o dal Fechner di Potsdam, dotati di solito di 4 pendoli invariabili ($N = 4$), si ritiene essere sufficiente il porre $n = 4$, l'osservare cioè ciascun pendolo quattro volte in ciascuna stazione.

I termini $\varepsilon_x \Delta T$, $\varepsilon_y \Delta D$, $\varepsilon_u \Delta r$ si portano anch'essi senza difficoltà alla desiderata piccolezza col determinare esattamente i valori dei coefficienti x , y ed u , o col ridurre piccole, quando si può, le differenze ΔT , ΔD e Δr . Per la determinazione dei due primi coefficienti occorrono speciali sistemazioni per far oscillare i pendoli a temperature e densità dell'aria diverse: il coefficiente di flessione u si determina con maggior semplicità di mezzi, perchè diversi stati di elasticità si possono dare al supporto facendo variare in modo opportuno l'attacco di questo col pavimento.

La determinazione del coefficiente di temperatura x può dar luogo a qualche dubbio sui risultati a cui si perviene: poichè, quando la variazione della temperatura si ottiene con mezzi artificiali in ambienti ristretti ed in intervalli di tempo relativamente brevi, vi sono in primo luogo grandi differenze di temperatura fra i pendoli e i punti alquanto prossimi ad essi, ed è più che mai lecito dubitare che i termometri non indichino esattamente le variazioni di temperatura dei pendoli: in secondo luogo è anche lecito dubitare che non sia nei pendoli maturato l'effetto secondario delle variazioni della temperatura. E quando la variazione della temperatura è ottenuta coll'attendere il cambiamento delle stagioni, rimane generalmente piccola la differenza fra le temperature estreme, e per essere le osservazioni molto lontane in tempo le une dalle altre può avvenire che nei risultati si infiltrino degli errori sistematici che non è agevole smascherare. Per tali circostanze è raccomandabile non soltanto che ogni maggior cura si abbia nella determinazione dei coefficienti di

temperatura (perchè sia piccolo il valore ε_x), ma anche che piccolo rimanga il valore ΔT , piccola cioè la differenza fra le temperature medie delle due stazioni: il che si può ottenere con ben ponderati programmi delle campagne gravimetriche, col tener conto del variare delle latitudini e delle stagioni e con opportuna scelta dei locali per le osservazioni delle coincidenze.

Il termine $\varepsilon_y \Delta D$ è naturalmente contenuto dentro i limiti desiderati, quando le stazioni si trovano alla stessa altitudine, ma facilmente ne esce quando le stazioni sono ad altezze sul mare molto diverse. In questi casi si rende necessaria o una molto accurata determinazione del coefficiente di densità (ciò che rende piccolo il valore ε_y) o il servirsi di apparati gravimetrici coi quali sia possibile fare oscillare i pendoli in aria rarefatta rispetto a quella dell'ambiente, riducendo allora la pressione dell'aria nelle stazioni più basse prossima a quella presumibile od osservata nelle stazioni più elevate (con ciò si rende piccolo il ΔD).

Il termine $\varepsilon_a \Delta r$ è portato al valore desiderato con maggiore facilità degli altri due analoghi ora considerati vnoi col determinare con esattezza il valore del coefficiente u (ed allora è piccolo l' ε_a), vnoi col rendere piccolo il valore Δr facendo in modo che il supporto in ambedue le stazioni si trovi in condizioni sensibilmente eguali.

Ed anche l'esattezza imposta ai termini

$$\varepsilon_D \frac{g}{\sqrt{2}}, \quad \varepsilon_c \frac{u}{\sqrt{2}},$$

si raggiunge agevolmente perchè si può sempre determinare la densità dell'aria ed il rapporto delle amplitudini con errori medi largamente tollerabili.

7. — Ma, oltre alle cause che abbiamo considerato, è possibile che altre ancora vengano ad alterare la durata d'oscillazione dei pendoli osservati.

Fra queste cause se ne possono ancora prevedere o sospettare alcune, ma però senza poterne fare lo studio quantitativo, senza poterne eliminare gli effetti con opportune riduzioni: si può ben pensare, ad esempio, che particelle di materia inframmettendosi fra il taglio del coltello dei pendoli ed il piano di appoggio, diano luogo a variazioni degli attriti che nel moto del pendolo si sviluppino, e per ciò a variazioni delle durate d'oscillazione: si può pensare che particelle di materia attaccandosi al corpo del pendolo mutino il valore $l = \frac{1}{md}$ in modo che ne risulti cambiato il pendolo invariabile; si può pensare che urti o scosse

o cause d'altra natura, chimiche ad esempio, facciano variare l'assetto del sistema di punti materiali che costituisce il pendolo, e che anche per tal motivo le durate d'oscillazione si allontanino da quei valori che avrebbero se cotali cause perturbanti non fossero intervenute.

Non soltanto è evidente la impossibilità di misurare gli effetti di tali cause, ma spesso anche il loro presentarsi sfugge ad ogni constatazione diretta. La meticolosa cura dell'operatore, che dev'essere costantemente rivolta a *tener lontani i pendoli da ogni causa che possa colpirci la invariabilità*, rimane la sola arma colla quale si possano combattere queste cause d'imprecisione dei risultati delle determinazioni di gravità relativa.

Non si può poi escludere che altre cause imprevedibili alterino le durate d'oscillazione senza che ne sia sospettata l'esistenza, ma pur dando luogo a rilevanti errori dei risultati.

Ma se non è possibile lo studio quantitativo di variazioni di tal genere delle durate d'oscillazione dei pendoli, se per le ultime indicate non ne è possibile neppure lo studio o la previsione qualitativa nemmeno sotto forma ipotetica, si può, *ed è necessario*, assicurarsi *a posteriori* che nelle eseguite determinazioni di gravità relativa non sieno intervenute cause di errore delle categorie indicate, od almeno che ne sieno rimasti di entità trascurabile gli effetti.

La sagace critica dei risultati delle osservazioni, la distinzione in gruppi dei risultati stessi e lo studio degli errori medi accidentali, che a ciascun gruppo competono, eseguito coll'applicare i dettami della teoria degli errori, permettono di calcolare l'errore medio dell' ε_x inquantochè a formarlo concorsero le cause *note* di errore. D'altra parte si può determinare l'errore medio *effettivo* della gravità relativa facendo più determinazioni dello stesso valore $g_a - g_b$, per quanto è possibile fra loro indipendenti, e paragonando i singoli risultati colla loro media. Se l'errore medio effettivo della gravità relativa risulta sensibilmente maggiore di quello precalcolato in base agli errori noti, nelle determinazioni devono essere entrate cause di errore del tipo ultimamente considerato; ed invece si ha la prova del contrario quando l'errore medio effettivo di $g_c - g_b$ risulta eguale o minore dell'errore medio precalcolato colla formula [8].

I valori della gravità relativa, che si ottengono separatamente da ciascuno dei pendoli di cui un apparato gravimetrico è dotato, sono già di per se stessi, almeno per alcuni riguardi, indipendenti; e per ciò già una *parziale* verifica della inesistenza delle cause perturbanti impreve-

debili si ottiene dall'esame dei singoli valori della gravità relativa offerti dai diversi pendoli fatti oscillare nella stazione di base e nella stazione di campagna.

Ma non è da escludere che si possano produrre delle perturbazioni di carattere sistematico per tutte le osservazioni eseguite in una stazione: e queste non sono rivelate coll'esame ora detto.

Se le perturbazioni corrispondono ad una variazione *permanente* delle lunghezze ridotte

$$l = \frac{1}{m d}$$

dei pendoli, avvenuta subito dopo le osservazioni della stazione di base, queste possono essere rivelate col far oscillare i pendoli una seconda volta nella stazione di base dopo aver compiuto tutte le stazioni di campagna; considerando come una particolare gravità relativa la differenza fra le gravità g'_b e g''_b determinate nella stazione di base prima e dopo l'esecuzione delle stazioni di campagna, dovendo essere questa

$$g'_b - g''_b = 0.$$

lo scostamento da 0 del valore risultante confrontato coll'errore medio calcolato per ciascun pendolo colla formola [8], permette di stabilire se uno o più pendoli dell'apparato sieno o no *cambiati* nel corso della campagna gravimetrica.

Ma anche con ciò non si è ancora ben sicuri che nelle stazioni di campagna od in alcune di esse non sieno intervenute perturbazioni temporanee e sistematiche per tutti i pendoli e si è obbligati a concludere che *l'errore medio della gravità relativa di una particolare stazione di campagna non è ben determinato fino a che per quella stazione non sieno state eseguite più determinazioni indipendenti (almeno due) della gravità relativa.*

8. — Sulla base delle considerazioni svolte possiamo dire che per raggiungere *effettivamente* la massima esattezza (rappresentata oggi da $\epsilon_K = \pm 0.001 \frac{cm}{sec^2}$) nelle determinazioni di gravità relativa eseguite coi pendoli invariabili occorre principalmente attenersi alle modalità seguenti:

1° eseguire le determinazioni di andamento dell'orologio cogli strumenti e metodi più precisi e distribuire uniformemente e con discreta

continuità le osservazioni delle coincidenze fra le determinazioni di tempo estreme:

2° sistemare gli apparati gravimetrici in locali che presentino massima stabilità di temperatura nel corso delle osservazioni, ed evitare l'uso di apparati che possano dar luogo a differenze sistematiche, per le diverse stazioni, fra le temperature lette sui termometri e quelle dei pendoli;

3° una volta determinati i coefficienti di temperatura, densità e flessione dell'apparato gravimetrico, mettersi in condizioni tali che risultino minime le differenze di temperatura, densità e flessione fra le diverse stazioni;

4° allontanare tutte le cause che possono dar luogo a difetto di invariabilità dei pendoli o farne variare la durata d'oscillazione da luogo a luogo per altre cause che non sieno la gravità, la temperatura, la densità, la elasticità del supporto;

5° eseguire per ogni stazione almeno due determinazioni indipendenti della gravità relativa rispetto alla stazione di base.

B. — Determinazioni di gravità coll'ipsobarometro.

9. — Le osservazioni pendolari sono possibili soltanto sulla terraferma (e sulle banchine dei ghiacci polari): non si può servirsene per determinare l'accelerazione della gravità *in mare*, dove pure la conoscenza della gravità acquista maggiore interesse per i lumi ch'essa può ancora portare sugli scostamenti del geoide dallo sferoide per quegli otto undicesimi della superficie del geoide coperti dalle acque, sui quali le misure geodetiche propriamente dette non sono eseguibili.

Ma anche sul mare le determinazioni di gravità si possono fare e con un'esattezza che se è assai lontana da quella che si raggiunge colle osservazioni pendolari, sembra ancora sufficiente per dare un'idea abbastanza approssimata dell'andamento del geoide nelle regioni occupate dagli Oceani.

Il metodo, ideato dal Mohn ed applicato, coll'autorevole incoraggiamento dell'Helmert, dal prof. Hecker per determinare la gravità relativa nell'Atlantico prima e poi nel Pacifico e nell'Oceano Indiano, si fonda sulla possibilità di determinare in mare la pressione dell'aria in due modi distinti, l'uno col *termometro ipsometrico*, l'altro col barometro a mercurio.

Facendo bollire dell'acqua sufficientemente pura, determinando col termometro la temperatura del vapore dell'acqua in ebollizione (1) ed *entrando* con essa nelle Tabelle che danno la tensione del vapor d'acqua in corrispondenza della temperatura di ebollizione del vapore stesso, si ha modo di determinare la pressione dell'aria al momento dell'osservazione: questa pressione è espressa nelle Tabelle ora dette colla corrispondente altezza di una colonna di mercurio a 0° e alla gravità a 45° di latitudine. Misurando la stessa pressione dell'aria col barometro a mercurio, applicando le convenienti correzioni per ridurre le letture eseguite a 0° e per eliminare tutte le cause che possono avere effetto sull'altezza barometrica osservata, si ottiene la pressione atmosferica espressa dalla corrispondente altezza di una colonna di mercurio a 0° e alla gravità alla latitudine φ del luogo.

Indicando con B_{45° la pressione dell'aria dedotta dal termometro ipsometrico e con B_φ quella dedotta dal barometro a mercurio, deve essere soddisfatta la relazione

$$\frac{g_\varphi}{g_{45^\circ}} = \frac{B_{45^\circ}}{B_\varphi}$$

od anche

$$g_\varphi - g_{15^\circ} = g_{45^\circ} \frac{B_{45^\circ} - B_\varphi}{B_\varphi}$$

dove, lo ripetiamo, B_{45° e B_φ rappresentano le altezze delle colonne di mercurio, sottratte a tutte le cause perturbanti, che corrispondono alla pressione effettiva dell'aria nel luogo d'osservazione ma soggette l'una alla gravità a 45° di latitudine e l'altra alla gravità del luogo d'osservazione.

Se assai semplice è il principio, difficile ne è l'applicazione pratica per la grande esattezza colla quale occorre determinare e la temperatura di ebollizione del vapore d'acqua, e l'altezza della colonna del barometro. Pur tuttavia il metodo tentato dal prof. Hecker, e fino ad ora da Lui soltanto, con ricco corredo di istrumenti (6 barometri, dei quali alcuni a registrazione fotografica, e 6 ipsometri) ha permesso determinazioni

(1) Quando nell'acqua sono disciolti del sale la temperatura del vapore che se ne sviluppa coll'ebollizione può essere diversa da quella che avrebbe il vapore dell'acqua pura: ma mettendo il termometro nell'impossibilità di essere colpito da spruzzi d'acqua, si osserva che la temperatura segnata dal termometro corrisponde a quella di ebollizione del vapore d'acqua pura: ciò probabilmente avviene perchè sul termometro si condensano delle particelle di vapor d'acqua che poi volatilizzano necessariamente alla temperatura di ebollizione dell'acqua pura.

della gravità relativa ($g_{\varphi} - g_{45}$) il di cui errore medio è risultato prossimamente eguale a $\pm 0.030 \frac{cm}{sec^2}$, ancora sufficiente per poter trarre importantissime conclusioni sulla distribuzione della gravità alla superficie della Terra.

C. — Determinazioni di gravità colla bilancia di Eötvös.

10. — È noto che una qualunque superficie di livello della Terra (in particolare, il *geoide*) ha la sua rappresentazione analitica rispetto ad un sistema coordinato di assi cartesiani nell'equazione

$$U(x, y, z) - C = 0,$$

dove C è la costante che compete alla particolare superficie di livello considerata, ed U , funzione potenziale, è caratterizzata dalla proprietà che le sue derivate parziali rispetto alle tre variabili x, y, z sono rispettivamente eguali alle componenti dell'accelerazione della gravità secondo gli assi coordinati nel generico punto (x, y, z) del campo di forza che si considera.

Le *derivate seconde* della funzione potenziale, ossia le derivate parziali prime di queste componenti della gravità ci rappresentano le variazioni unitarie delle componenti della gravità od anche, si dice, i *moduli elementari di variazione delle componenti della gravità* che corrispondono allo spostarsi del punto considerato nelle direzioni dei tre assi: si ha dunque in generale

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} = \frac{\partial g_x}{\partial x}, \quad \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y} = \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial x} = \frac{\partial g_x}{\partial y} = \frac{\partial g_y}{\partial x},$$

$$\frac{\partial^2 U}{\partial z \partial x} = \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z} = \frac{\partial g_x}{\partial z} = \frac{\partial g_z}{\partial x},$$

e così di seguito.

La *bilancia di Eötvös* serve a determinare in ogni punto, nel quale si fa stazione collo strumento, i valori di queste derivate seconde del potenziale ossia i valori dei moduli di variazione elementari dell'accelerazione della gravità.

Si comprende come con una serie continua o *catena* di stazioni eseguite a distanze sufficientemente piccole (in pratica non più di circa due chilometri) fra due punti A e B, passando dai moduli di variazione ele-

mentari prima detti, mediante relazioni analitiche facili a stabilirsi, alle variazioni unitarie della gravità nella direzione della congiungente di due punti consecutivi della catena, e quindi, mediante integrazione (più o meno diretta), alle variazioni complessive della gravità fra gli stessi due punti, si possa poi ottenere la complessiva differenza della gravità fra A e B, ossia la gravità relativa fra le due stazioni.

Per le relazioni che vi sono fra le indicate derivate seconde del potenziale ed altri enti geometrici (raggi di curvatura delle sezioni normali, direzioni delle sezioni normali principali, ecc., ecc.) che caratterizzano la superficie di livello nell'immediata vicinanza del punto a cui quelle derivate seconde si riferiscono, la conoscenza dei valori di esse, oltre che per la determinazione della gravità relativa, serve anche a definire l'andamento della superficie di livello in vicinanza di ogni punto di stazione: ma poichè tale ricerca è estranea all'argomento che ora ci interessa non ci fermeremo a considerarla, limitandoci a dare del metodo ideato ed sperimentato dall'Eötvös notizia sintetica e sommaria.

Osserviamo subito che le derivate seconde del potenziale sono 9, ma siccome fra esse sussistono le quattro relazioni

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y} = \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial x}, \quad \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z} = \frac{\partial^2 U}{\partial z \partial y}, \quad \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z} = \frac{\partial^2 U}{\partial z \partial x}$$

e (se il punto considerato è esterno alle masse attrattive)

$$\Delta^2 U = \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} = 2 \omega^2$$

dove ω è la velocità angolare della rotazione terrestre, per determinare tutte le derivate seconde è necessario e sufficiente stabilire, con altrettante osservazioni dirette indipendenti, *soltanto cinque* equazioni fra le 9 derivate seconde incognite. Questo appunto si può conseguire coll'uso della bilancia di Eötvös.

Questa è così composta: ad un filo di platino dello spessore di $\frac{1}{25}$ di millimetro e lungo circa cm. 60 è sospeso pel centro di gravità un giogo orizzontale, non flessibile, di piccola sezione e piccola massa, lungo circa 40 cm.: ad un'estremità questo giogo porta, in direzione del suo asse, una sferetta o cilindretto di platino del peso di circa 30 grammi, e un'altra sferetta o cilindretto di platino è sospesa all'altra estremità del giogo con un filo di platino lungo circa 55 cm. (le dimensioni qui

indicate si riferiscono ad *un particolare* apparecchio fatto costruire dall'Eötvös, e possono essere opportunamente variate): in sistema rigido col giogo, ed al centro di esso, è uno specchietto verticale che colla riflessione di una *scala* permette di determinare la direzione del piano verticale del giogo rispetto ad un particolare piano verticale. Il filo di sospensione di tutto il sistema è collegato nel suo punto di sospensione ad una custodia che protegge la parte essenziale dello strumento e che si può far girare intorno ad un asse verticale di angoli qualunque, i quali vengono *letti* sopra un cerchio graduato orizzontale: in sistema rigido colla stessa custodia è un cannocchiale con reticolo, ed una scala orizzontale che, riflessa dallo specchietto del giogo, viene veduta nel cannocchiale attraverso i vetri della custodia.

Il descritto sistema contenuto nell'interno della custodia si trova immerso nel *campo della forza di gravità terrestre*: ad ogni punto materiale del sistema è applicata una forza, misurata dal prodotto dell'accelerazione della gravità nel punto considerato per la massa del punto stesso: tutte le forze così applicate al sistema si possono *comporre* in un'unica forza ed in un'unica coppia. Tenendo conto della descritta costituzione del sistema, con lecite approssimazioni si verifica facilmente che l'unica forza risultante applicata al centro di gravità è diretta secondo la verticale e verso il basso, per cui ad essa fa equilibrio la tensione del filo di sospensione: e che l'unica coppia risultante rispetto alla verticale esiste ed è variabile secondo la direzione del giogo in quanto che la gravità non è eguale in intensità (e direzione) per tutti i punti del campo di forza considerato, ossia in quanto che hanno in generale valori diversi da zero le derivate seconde del potenziale; tale coppia risulta perciò analiticamente esprimibile appunto in funzione di queste derivate, e della direzione del giogo della bilancia. Al sistema considerato è poi applicata anche la coppia dovuta alla forza di torsione del filo di sospensione ed anche, quando il giogo sia in oscillazione, la coppia dovuta alla resistenza dell'aria.

Quando il giogo della bilancia è in quiete la coppia di torsione fa equilibrio alla coppia di gravità ed il giogo conserva una determinata direzione rispetto alla custodia, rispetto cioè, per fissar le idee, ad un verticale definito dall'asse di mira del cannocchiale: facendo ruotare tutta la custodia, il giogo è portato dalla torsione del filo in azimut diversi, nei quali diversa è in generale la coppia di gravità e diversa quindi ne risulta la direzione che il giogo assume, nello stato di equilibrio, rispetto al verticale di riferimento (mobile colla custodia) prima detto.

In tal modo si può stabilire per ogni azimut del giogo una equazione nella quale entrano come incognite le derivate seconde del potenziale, come dati d'osservazione l'azimut del giogo rispetto ad un verticale fisso — ad esempio, rispetto al meridiano —, e l'azimut del giogo rispetto al verticale di riferimento fisso nello strumento e finalmente come costante istrumentale il coefficiente di torsione del filo. Facendo l'osservazione in cinque direzioni diverse del giogo, si stabiliscono cinque equazioni indipendenti le quali, insieme alle altre quattro prima indicate, permettono la determinazione delle 9 derivate seconde del potenziale.

Lo stesso risultato si può ottenere, invece che col procedimento indicato (statico), con un procedimento dinamico facendo oscillare il giogo intorno alla sua posizione di equilibrio e determinando coll'osservazione diretta la durata d'oscillazione del giogo: occorre allora conoscere fra le costanti dello strumento anche il momento d'inerzia del giogo stesso.

Con un profondo studio critico pubblicato negli « Atti della Reale Accademia di Scienze, Lettere ed Arti di Palermo » (volume IX), il Prof. Venturi ha dimostrato come i risultati che, per la gravità relativa di due stazioni, si ottengono colla bilancia di Eötvös non abbiano approssimazione maggiore di quelli che si ottengono coll'uso dei pendoli invariabili. Tenuto conto che per determinare la gravità relativa fra stazioni lontane, bisogna eseguire un grande numero di stazioni intermedie, che il terreno compreso fra le stazioni deve essere sensibilmente pianeggiante, che in ogni caso occorrono laboriosi calcoli e diligenti riduzioni per eliminare gli effetti delle masse poste nell'immediata vicinanza della bilancia, non sembra che il procedimento ideato dall'Eötvös possa nel caso generale, e per scopi prettamente geodetici, sostituirsi alle osservazioni pendolari.

Sembra invece che la grande sensibilità dello strumento (che può accusare perfino la presenza della *massa dell'osservatore*) possa renderne prezioso l'impiego per lo studio delle *variazioni della gravità col variare del tempo in una medesima stazione*; ed anche per studi speciali di ristrette regioni pianeggianti non si può ancora escludere che la bilancia di Eötvös possa rendere preziosi servizi alla Scienza.

Se la bilancia di Eötvös potesse avere buon impiego come *variometro della gravità locale*, non v'ha dubbio che ne sarebbe utilissimo l'uso nelle regioni frequentemente funestate dal terremoto, per lo studio degli eventuali spostamenti di masse sotterranee che possono accompagnare i fenomeni sismici. Ed è sotto questo riguardo che sembra di dover angustiare che in Italia ne vengano fatti esaurienti studi ed esperimenti.

Per quanto riguarda le aspirazioni del geodeta questo strumento ha ancora secondaria importanza di fronte ai pendoli invariabili: ed è appunto per questa considerazione che soltanto sull'impiego dei pendoli invariabili abbiamo voluto presentare uno studio dettagliato, col quale nutriamo fiducia di aver dato precisa idea, non soltanto del concetto fondamentale su cui si basano le misure della gravità che ordinariamente si eseguono per cura dei geodeti e degli astronomi, ma anche delle esigenze e difficoltà che consimili operazioni presentano, e delle modalità che riteniamo indispensabili per assicurare ai risultati il massimo grado di esattezza.

11. — Nell'ipotesi che la forma del geoide sia rappresentata da quella di una superficie di rotazione (intorno all'asse polare) e prossima ad un ellissoide di rotazione, si può stabilire una relazione fra la gravità al livello del geoide, così immaginato, e la latitudine: in questa relazione entrano delle costanti che possono essere determinate, facendo a differenti latitudini gran numero di osservazioni gravimetriche, supponendo che *nel suo andamento medio* il geoide *realmente* non si discosti in modo sensibile da quello ipotetico.

Dalle determinazioni di gravità relativa eseguite fino al 1900 nei diversi punti della Terra e dalle già ricordate determinazioni assolute di gravità eseguite a Potsdam dai professori Kühnen e Furtwängler, il prof. Helmert dedusse la relazione seguente, che dà la gravità al livello del geoide medio alle differenti latitudini:

$$g = \frac{cm}{\sec^2} 978.030 (1 + 0.005302 \sin^2 \varphi - 0.000007 \sin^2 2 \varphi) \quad (1).$$

A tal valore si dà la qualifica di *gravità teorica* (nel « Sistema di Potsdam ») ed è confrontando i valori g_1 così calcolati con quelli effettivamente osservati e ridotti al livello del mare g_0 che si ottengono le così dette *anomalie della gravità*

$$\Delta g = g_0 - g_1.$$

la considerazione delle quali, quando le misure fossero sufficientemente esatte, in grande numero ed estese a tutta la superficie della Terra,

(1) A questa relazione corrisponde il valore (teorico) della lunghezza del pendolo che batte il secondo di tempo medio

$$L = cm, 99.0952 (1 + 0.005302 \sin^2 \varphi - 0.000007 \sin^2 2 \varphi).$$

permetterebbe la completa determinazione del geoide e quindi la soluzione del Problema geodetico: ed anche se limitate a particolari regioni terrestri, purchè in numero sufficiente e distribuite in modo opportuno, le anomalie della gravità sottoposte a critica intelligente possono dare idea del probabile andamento del geoide e della distribuzione interna delle masse terrestri prossime alla superficie della Terra nelle regioni considerate.

La *riduzione al livello del mare* delle determinazioni di gravità costituisce un interessante problema che ancora oggi, dopo aver formato l'oggetto di profondi studi e ricerche per parte di illustri Geodeti, non può dirsi definitivamente risoluto: in quest'ultimo paragrafo ci proponiamo appunto di dare qualche notizia sulla natura della questione e sulle soluzioni adottate.

Se fra la superficie di livello che passa per la stazione gravimetrica ed il geoide fosse interposta, almeno per un raggio orizzontale di 20 o 30 chilometri, soltanto l'aria atmosferica, la riduzione della gravità osservata al livello medio del mare potrebbe esser fatta in modo assai semplice introducendo sì delle ipotesi semplificative ma certamente ben tollerate dal grado di approssimazione col quale oggi si possono eseguire le misure di gravità: supposta la Terra sferica ed in riposo, facendo cioè astrazione dalla forza centrifuga e dallo schiacciamento ai poli del geoide da essa prodotto, per la legge dell'attrazione newtoniana la gravità g_H ad una stazione *situata nell'aria* all'altezza H sul livello medio del mare, avrebbe colla gravità g_0 ridotta al livello del mare la semplice relazione

$$g_H = g_0 \frac{R^2}{(R + H)^2}$$

dove qui R rappresenta il raggio medio terrestre: con lecita approssimazione alla formola scritta trascurando i termini d'ordine $\left(\frac{H}{R}\right)^2$ e superiori, si può dar la forma

$$g_0 - g_H = 2 \frac{H}{R} g_H :$$

la quantità $\frac{2H}{R} g_H$ può esser detta *riduzione in aria libera della gravità al livello del mare* (è anche designata come *riduzione di Faye*).

Ma il problema si complica assai quando si vuol tener conto delle masse solide (e liquide) poste nell'immediata vicinanza della stazione,

fra questa e il livello del mare; si può allora, con calcoli non eccessivamente complicati e con approssimazioni lecite, calcolare l'attrazione newtoniana prodotta sul punto di stazione dalle masse che si trovano in vicinanza della stazione (dentro un raggio di 20 chilometri, al di là del quale si ritiene esser trascurabile l'effetto delle masse terrestri emerse dal geoide), di quelle che sono al disotto della stazione non meno che di quelle che sono più alte: applicando, con segno opportuno, tale attrazione newtoniana alla gravità

$$g_H + \frac{2H}{R} g_H,$$

si può credere di ottenere un valore della gravità ridotto al livello del mare col tener anche il debito conto della presenza delle irregolarità *visibili* della corteccia trovata.

Ma contro questa complessiva riduzione della gravità al livello del mare possono essere sollevate ragionevoli obiezioni e nelle poche constatazioni dirette che se ne poterono fare, essa risultò non corrispondente alla realtà delle cose.

Assai più di questa sembra avvicinarsi al vero la riduzione della gravità al livello del mare calcolata col geniale *metodo della condensazione* ideato dal prof. Helmert, secondo il quale tutte le masse comprese fra la superficie fisica della Terra ed una superficie di livello (sferica) interna alla Terra situata a circa 21 chilometri sotto la superficie del geoide (incluse quindi anche le irregolarità della corteccia terrestre emerse o prossime al geoide) si immaginano per così dire e per quanto riguarda le *variazioni* della gravità dall'altezza H al livello dei geoide, *concentrate* sopra quella superficie interna. Un tal metodo magistralmente presentato dall'illustre suo Autore senza alcun dubbio ha veste razionale ed è da preferire a quello prima detto che può dirsi *metodo topografico* (o di Bouguer).

Ma anche contro le riduzioni calcolate (con procedimento alquanto laborioso) col metodo della condensazione, le quali — sia detto in via incidentale — quantitativamente non si discostano molto dalle accennate riduzioni in aria libera, può esser sollevato qualche dubbio per quanto riguarda l'effettivo accordo della formola colla realtà delle cose.

Ad eliminare indirettamente le difficoltà, fu concepita l'idea (Brulloin) di assumere come superficie di livello di riferimento una superficie *esterna* a tutte le possibili stazioni gravimetriche, una superficie, ad esempio avente una distanza normale da un determinato punto del geoide

di 10 chilometri: in tal modo tutte le riduzioni, della gravità osservata nelle stazioni, al livello della superficie di riferimento sarebbero sensibilmente rappresentate dalle riduzioni in aria libera. Ma contro tale proposta con serie e diverse ragioni insorsero autorevoli Geodeti così da farla senz'altro ritenere inaccettabile.

— Adottando *in modo assoluto* l'ipotesi di Pratt, intesa nel suo concetto fondamentale, secondo il quale ad ogni irregolarità visibile nella distribuzione delle masse terrestri dovrebbe corrispondere una equivalente irregolarità invisibile ed in senso contrario — per quanto riguarda l'effetto di tale irregolarità sulla forma del geoide, — si sarebbe naturalmente portati ad eseguire la riduzione della gravità al livello del mare *come se non esistessero le masse emerse dal geoide*, ad applicare cioè alla gravità osservata nelle stazioni gravimetriche soltanto la riduzione in aria libera. E poichè, viceversa, così facendo si trovano anomalie della gravità assai minori che non sieno quelle che risultano col tener conto delle riduzioni topografiche, di fronte alla conferma che alla ipotesi di Pratt, intesa nelle sue linee generali, sono giunte per altra via, si trova in ciò un buon argomento per legittimare senz'altro il comodo procedimento di *ridurre la gravità al livello del mare coll'applicare soltanto la riduzione in aria libera*.

L'anomalia della gravità, che così risulta, ha il pregio di avere un significato reale perchè essa rappresenta *l'anomalia della gravità nella stazione gravimetrica*, quando si ammetta, come sembra razionale, che la gravità teorica nella stazione sia dedotta da quella teorica al livello del mare coll'applicare a quest'ultima la riduzione in aria libera all'altezza della stazione: tale anomalia avrebbe infatti l'espressione

$$\Delta g = \left(g_H + \frac{2H}{R} g_1 \right) - g_1$$

la quale scritta

$$\Delta g = g_H - \left(g_1 - \frac{2H}{R} g_1 \right)$$

dimostra l'affermazione fatta.

Un'anomalia così intesa ha adunque un significato fisico: ed a prescindere dalle conclusioni che se ne possono trarre sulla forma complessiva del geoide, sembra ragionevole ch'essa sia quella preferita per lo studio delle irregolarità di carattere regionale nella forma del geoide e nella distribuzione delle masse superficiali terrestri.

ALBERTO ALESSIO.

NOTIZIE ASTRONOMICHE

.*. **Il pianetino Interamnia.** — Siamo lieti di annunciare che dal calcolo che il nostro presidente ha fatto dell'orbita di un pianetino fotografato a Teramo il 2 ottobre u. s. è risultato essere il pianeta un nuovo asteroide, non identificabile con alcuno dei già conosciuti. Esso si chiamerà ** Interamnia*, nome antico di Teramo, città natale del dott. Cerulli e sede dell'Osservatorio Collurania (Teramo = *Interamnia praetutianorum*).

Gom'è noto, i pianeti si riconoscono sulle lastre fotografiche dalla *traccia* più o meno lunga che vi lasciano, a differenza delle stelle che vi sono rappresentate da punti. Nelle lastre di Teramo i pianeti lasciano tracce forti e lunghe ed immediatamente riconoscibili anche con una semplice lente d'ingrandimento (esame macroscopico). L'obiettivo a tre lenti della macchina di Cooke è perfettamente acromatizzato per i raggi chimici e gode di una luminosità quasi eccezionale. Inoltre il ** motore-regolatore*, elettrico, ad intermittenza, ideato dal nostro presidente e costruito da un bravo orologiaio di Teramo, permette pose lunghissime di 3, 4, fino a 6 e 7 ore, durante le quali i pianetini anche stazionari (come fu il caso di Sappho nelle Pleiadi, il 30 settembre) han tutto l'agio di spostarsi sulla lastra per lunghi tratti in modo da rivelarsi a prima vista a chiunque consideri la fotografia. Infine il dott. Cerulli ha la fortuna di essere assistito da un valente fotografo, il signor Roberto Luchini di Firenze, distinto dilettante di astronomia e nostro caro consocio. A questi è affidata la parte più essenziale dell'opera, quella di sorvegliare l'andamento del motore durante le pose e sviluppare poi le lastre *a fondo*, servendosi dei più potenti bagni rivelatori di cui disponga oggi l'arte fotografica. Non è improbabile che le lastre, quando passeranno (si spera fra qualche mese) sotto il macromicrometro, riveleranno pianetini di debolissima luce, ai quali l'ispezione con una semplice lente non permette ora di arrivare.

** Interamnia*, mostra di essere fra i più grossi asteroidi. Quantunque non molto vicino alla Terra, pure ci appare come una stella di 9^a grandezza e seguita a mostrarsi ben lucido anche nelle future opposizioni, non essendo rilevante l'eccentricità della sua orbita. La sua rivoluzione attorno al Sole si compie in 1957 giorni ossia in 5 anni ed un terzo: il suo periodo sinodico, vale a dire l'intervallo fra una opposizione e la seguente, è di 15 mesi. Esso è stato in opposizione l'ottobre scorso e vi tornerà nel gennaio del 1912. Da oggi a quell'epoca avrà percorso meno di un quarto del suo cammino attorno al Sole.

.*. **La Cometa 1910 c.** — Il 10 novembre ci giunse dalla *Zentralstelle* di Kiel (Germania) la notizia telegrafica della scoperta di una cometa, di grandezza 10^m,2, fatta a Teramo la notte dell'8 corrente. La posizione che nel telegramma si comunicava agli Osservatori era quella osservata dal prof. Millosevich al Collegio Romano la notte del 9 a 20^h 30^m,9 di tempo medio dell'Europa Centrale.

L'astro si trovava allora a 3^h 38^m 35^s,9 di ascensione retta ed a 8° 43' 20" di declinazione boreale, ed aveva un movimento diurno di -2' in ascensione retta e di -19' in declinazione.

Da lettera del Dott. Cerulli apprendiamo che la cometa rimase fotografata in una lastra 24×30 insieme a ben cinque pianetini, dei quali due soli facilmente identificabili, Sappho e Feronia. Anche rimase presa nella stessa lastra una magnifica filante delle Leonidi. La macchina di Cooke era puntata sulla stella f del Toro, e la posa era durata 6 ore.

Questa è la prima cometa che sia stata scoperta fotograficamente in Italia, ed è anche la prima che sia stata ivi scoperta dopo quella che il compianto Zona, astronomo a Palermo, trovò, con ricerca visuale, il 15 novembre 1890.

All'amato Presidente ed al suo valoroso collaboratore signor Luchini inviamo le nostre più cordiali felicitazioni, insieme all'augurio di scoperte sempre più importanti.

*. **Astronomia popolare.** — Diamo con piacere notizia che anche quest'anno il nostro egregio consocio prof. Augusto Stabile terrà all'Università popolare di Milano un corso di conferenze su argomenti di astronomia e scienze affini, con proiezioni luminose.

*. **Les Torres du ciel.** — Dell'ottimo libro di Camillo Flammarion, che porta questo titolo, verrà pubblicata prossimamente dalla Società Editrice Sonzogno di Milano una nuova edizione italiana curata dal prof. A. Stabile.

*. Apprendiamo all'ultimo momento che la **Cometa 1910 ϵ** , scoperta a Teramo dal nostro amatissimo Presidente dott. Vincenzo Cerulli, è stata riconosciuta, dopo i calcoli di Ebell, identica alla cometa Faye, la quale dopo il 1903 era stata irreperibile anche con la fotografia, malgrado i calcoli scrupolosi dell'astronomo Strömgren, attuale direttore dell'Osservatorio di Copenaghen.

Fenomeni principali del Dicembre 1910.

(Tempo medio civile dell'Europa Centrale).

- Dicem. 2. A $1^h 48^m$ Venere in congiunzione con la Luna (Venere $2^{\circ} 2'$ N).
 2. A $23^h 5^m$ Mercurio in congiunzione con la Luna (Mercurio $0^{\circ} 49'$ N).
 4. A 10^h Venere al nodo discendente.
 5. A $13^h 8^m$ Urano in congiunzione con la Luna (Urano $4^{\circ} 15'$ N).
 9-12. Stelle cadenti con radiante prossimo a Castore (Sciarne delle Geminidi).
 12. A 13^h Mercurio alla massima latitudine eliocentrica S.
 12. A $22^h 56^m$ Saturno in congiunzione con la Luna (Saturno $1^{\circ} 2'$ S).
 18. A $6^h 25^m$ Nettuno in congiunzione con la Luna (Nettuno $5^{\circ} 16'$ S).
 22. A $18^h 12^m$ il Sole entra nel segno Capricorno (*solstizio d'inverno*).
 24. A 19^h il pianetino Giunone in congiunz. colla Luna (Giunone $1^{\circ} 15'$ S).
 24. A 24^h Mercurio alla massima elongazione E ($19^{\circ} 54'$).
 26. A $15^h 21^m$ Giove in congiunzione con la Luna (Giove $0^{\circ} 16'$ N).
 27. A $0^h 40^m$ Mercurio in congiunzione con Urano (Mercurio $0^{\circ} 36'$ N).
 28. A $23^h 13^m$ Marte in congiunzione con la Luna (Marte $1^{\circ} 38'$ N).
 31. A 13^h Mercurio al nodo ascendente.

<i>Fasi lunari:</i>	1 Dicembre,	Luna Nuova	a 22 ^h 11 ^m
	9	"	Primo Quarto " 20 5
	16	"	Luna Piena " 12 5
	23	"	Ultimo Quarto " 11 36
	31	"	Luna Nuova " 17 21

Luna perigea: 15 Dicembre a 17^h.

Luna apogea: 28 " " 8^h.

I pianeti in Dicembre 1910.

Mercurio, nello Scorpione e poi nel Sagittario, sarà ben osservabile verso la fine del mese a SW, poco dopo il tramonto del Sole.

Venere si troverà nella costellazione dello Scorpione e poi in quella del Sagittario e non sarà osservabile.

Marte, nella Libra e poi nello Scorpione, sarà visibile al mattino a SE, poco prima del levar del Sole. Nel mese il suo diametro angolare apparente crescerà da 3",80 a 4",06. In corrispondenza la distanza del pianeta dalla Terra scenderà da 2,461 a 2,304 volte la distanza media della Terra dal Sole.

Giove si troverà nella Vergine e sarà osservabile al mattino da SE a SSE. Il suo diametro polare apparente sarà di 29",26 al primo del mese e salirà a 31' 02 all'ultimo. Ciò corrisponde ad un avvicinamento del pianeta alla Terra da 6,229 a 5,873 volte la distanza media della Terra dal Sole.

Le eclissi dei suoi quattro satelliti galileiani, osservabili in questo mese, sono:

(Tempo medio civile dell'Europa Centrale).

Dicembre 21 — 11 Il satellite entra nell'ombra a 7^h 57^m.6

" 27 — " I " " " " 6 27.0

Queste eclissi accadranno ad *occidente* del disco del pianeta, cioè a *sinistra* di questo per chi osservi con un cannocchiale che inverta le immagini.

Saturno si troverà nella costellazione dei Pesci e sarà osservabile alla sera e alla notte da SE a NW. Questo pianeta andrà, nel mese, allontanandosi dalla Terra di 0,40 volte la distanza media della Terra dal Sole, così che alla fine del mese esso disterà da noi di 8,83 volte la solita unità di misura. Corrispondentemente diminuirà il suo diametro apparente, che al primo del mese sarà di 18",22 e alla fine di 17",40.

Urano, nel Sagittario, non sarà osservabile..

Nettuno si troverà nei Gemelli e sarà osservabile tutta la notte. V. F.

BIBLIOTECA SOCIALE

Opere ricevute in dono. — Continuiamo l'elenco delle pubblicazioni ricevute in dono, e porgiamo vivi ringraziamenti ai donatori:

- A. Riccò. — Osservazioni astrofisiche della Cometa Halley fatte nel R. Osservatorio di Catania. Relazione preliminare. — Dal "Bollettino dell'Accademia Gioenia di Scienze Naturali in Catania", Fascicolo XII, Serie 2°. — Maggio 1910. (Dono dell'A.)
- Id. — Osservazioni astrofisiche della Cometa Halley, fatte nel R. Osservatorio di Catania. — 2° Nota preliminare. — Dal "Bollettino dell'Accademia Gioenia di Scienze Naturali in Catania", Fasc. XIII, Serie 2°. — Giugno 1910. (Dono dell'A.)
- Id. — Un'altra visita alla eruzione etnea del 29 aprile 1908. — III Nota. — Dal "Bollettino dell'Accademia Gioenia di Scienze Naturali in Catania", Fasc. X, Serie 2°. — Dicembre 1909. (Dono dell'A.)
- Id. — Terremoto di Guardia del 21 ottobre 1909. — Dal "Bollettino dell'Accademia Gioenia di Scienze Naturali in Catania", Fasc. X, Serie 2°. — Dicembre 1909. (Dono dell'A.)
- Id. — Osservazioni astrofisiche e fotografiche della Cometa 1910 *a*, eseguite nel R. Osservatorio di Catania. — Dai "Rendiconti della R. Accademia dei Lincei", Classe di Scienze fisiche, matematiche e naturali. — Vol. XIX, Serie 5°, 1° sem., fasc. V. — Roma 1910. (Dono dell'A.)
- Id. — Risultati recenti degli studi solari. — Estratto dagli "Atti della Società italiana per il progresso delle scienze", Terza Riunione. — Roma, Tipogr. Nazionale di G. Bertero e C., 1910. (Dono dell'A.)
- Id. — L'eruzione dell'Etna. — Estratto dalla "Rivista ed Arte", Anno XIX, 1909-10, N. 11. — Milano, Casa Editrice Dottor Francesco Vallardi. (Dono dell'A.)
- A. BEMPORAD. — Osservazioni fotometriche eseguite nel R. Osservatorio astrofisico di Catania nel 1908. — Estratto dalle "Memorie della Società degli Spettroscopisti italiani", Vol. XXXVIII, Anno 1909. (Dono dell'A.)
- Id. — Osservazioni fotometriche eseguite nel R. Osservatorio astrofisico di Catania nel 1909. — Estratto dalle "Memorie della Società degli Spettroscopisti italiani", Vol. XXXIX, Anno 1910. (Dono dell'A.)

A V V I S O

Dovendosi attendere allo riordinamento della Biblioteca Sociale, si pregano i signori Soci, che tengono in prestito libri della detta Biblioteca, di volerli restituire al più presto possibile.

DEMARIA GIUSEPPE, *gerente responsabile*.

Torino, 1910. — Tipografia G. U. Cassone, via della Zecca, num. 11.

La Filotecnica

ING. A. SALMOIRAGHI & C.
MILANO

25 PREMI di 1^a Classe - MILANO 1908, Fuori Concorso.

ISTRUMENTI ASTRONOMICI
e GEODETICI

CANNOCCHIALI EQUATORIALI

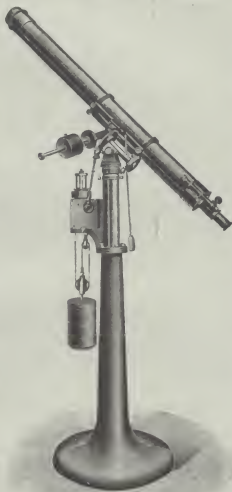
a movimento d'orologeria, di tre dimensioni:

con obiettivo di 110 millimetri di apertura	L. 3500
" 125 "	" 4000
" 135 "	" 4500

Sopprimendo il movimento d'orologia i prezzi diminuiscono di L. 900.

EQUATORIALI FOTOGRAFICI

I medesimi qui sopra menati con la camera fotografica ad obiettivi d'apertura uguale a quella del cannocchiale, in più, corrispondentemente, L. 1200, 950, 800. Camera in legno di tuogano, bronzo ed alluminio.



GRAND PRIX: World's Fair St. Louis, 1904.

Appena uscito il **MANUALE PRATICO** per l'uso dell'Istrumento dei passaggi nella determinazione astronomica del tempo dell'ing. A. SALMOIRAGHI.

Equatoriali ottici e fotografici — Istrumenti dei passaggi, Circoli meridiani — Spettroscopi di ogni specie — Spettrometri — Cannocchiali per uso astronomico e terrestre — Cercatori di comete — Micrometri anulari e filari — Istrumenti Magnetici, Geodetici, Nautici, Topografici.

Specialità in Istrumenti di Celerimensura e Tacheometria.

Cataloghi delle varie classi di Istrumenti gratis a richiesta.

CARL BAMBERG

FRIEDENAU-BERLIN Kaiserallee 87-88
CASA FONDATA NELL'ANNO 1871



Istrumenti Astronomici, Geodetici e Nautici
GRAND PRIX, Paris 1900 — GRAND PRIX, St. Louis 1904